

Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso

L. Maldonado¹

Recibido: 1 de septiembre de 2005 – Aceptado: 20 de marzo de 2006

RESUMEN

La basura municipal generada en el CINVESTAV-Mérida fue caracterizada durante tres años. Se determinó que estaba compuesta por 48 % de materia orgánica, 20 % de cartón y papel, 8 % de botellas de tereftalato de polietileno (PET) y plásticos diversos, 5 % botellas, envases de vidrio y cristalería de laboratorio rota, 2 % de latas de aluminio y 17 % de residuos difíciles de clasificar. Se muestra que mediante un programa de separación de subproductos, en el año 2003, se logró reducir en un 67 % el volumen de la basura enviada al relleno sanitario de la ciudad de Mérida, lo cual representó para la institución un ahorro de \$ 62 000 pesos, solo durante el año mencionado. Se evaluó la rentabilidad del proceso y se discute la necesidad de acompañar las acciones de minimización con campañas de educación ambiental para aumentar la eficacia del programa.

Palabras clave: minimización, residuos sólidos urbanos, reciclado, instituciones de educación.

Reduction and recycling of urban solid wastes in high education centers: A case study

ABSTRACT

The municipal waste generated by CINVESTAV-Mérida was characterized for a period of three years. The municipal solid waste was composed of 48 % organics; 20% cardboard and paper; 8 % soft drinks or purified water plastic bottles (polyethylene terephthalate, PET) and diverse plastics; 5 % glass bottles or containers and broken laboratory glass; 2 % aluminium cans, and 17 % other materials which were hard to classify. This study shows that, by means of a separation program, at the end of the year 2003 the garbage volume sent to the Mérida city landfill was reduced by 67 %, which represented savings to the institution of \$ 62 000. Furthermore, an evaluation was carried out to prove that the system was profitable and the need to lounge environmental education campaigns, together with the waste minimization actions is discussed, aiming to enhance the program efficiency.

Keywords: minimization, urban solid waste, recycling, education institutions.

¹ Investigador del Departamento de Física Aplicada CINVESTAV- Unidad Mérida. maldonad@mda.cinvestav.mx

1. INTRODUCCIÓN

La reducción o minimización de los residuos sólidos urbanos (RSU) es definida como cualquier técnica, proceso o actividad que evite, elimine o reduzca un desecho desde su fuente u origen (Williams, 1998). La clasificación (Buenrostro et al., 2001a) y la minimización de los RSU se hace cada vez más necesaria en México ya que el incremento poblacional y la urbanización acelerada del país (Buenrostro et al., 2001b) han ocasionado un flujo de basura incontrolado en los municipios y provoca costos sociales y económicos crecientes asociados a su recolección, manejo y disposición final (Castillo, 1983; Castillo, 2003).

La basura es depositada al aire libre y quemada sin control está ocasionando graves daños al medio ambiente (Buenrostro et al., 2001c). Por otra parte, la demanda también creciente de los recursos naturales renovables está obligando a que estos sean utilizados de manera racional y sostenida para evitar su agotamiento. En los RSU existen numerosos subproductos que pueden ser nuevamente utilizados como materia prima. El retiro de materiales reutilizables o reciclables del flujo de la basura disminuye el volumen y la cantidad de los desperdicios que son enviados a disposición final, lo cual resulta de beneficio para el medio ambiente.

Por ello, cada vez más se quiere que la minimización (reducción), el reuso y el reciclaje sean las actividades estratégicas para la eliminación de la basura doméstica (Tonglet et al., 2004). Además, regulaciones ambientales cada vez más estrictas han aumentado el costo de operación de los rellenos sanitarios y de las plantas de incineración y han conducido a orientar la política de manejo de RSU hacia la reducción de los mismos, con el objeto de minimizar su cantidad (Williams, 1998).

A pesar de que la minimización o reducción de los RSU, es una política necesaria para el manejo sustentable de los desechos municipales, y se ha venido estableciendo en países industrializados del mundo como una estrategia prioritaria, en los países en vías de desarrollo y en particular en México, en general, no se impone en la práctica aún cuando está presente en regulaciones ambientales y recomendaciones gubernamentales (SEMARNAP, 1999; INE, 1999; SEMARNAT, 2001).

El objetivo de este trabajo es mostrar cuantitativamente que un programa de minimización de RSU en instituciones académicas puede contribuir a reducir los volúmenes de basura que se envían al

sitio de deposición final y, que el programa es autofinanciable e incluso puede representar una importante fuente de ahorros.

2. ELIMINACIÓN DE LOS RSU EN EL ESTADO DE YUCATÁN.

El estado de Yucatán se localiza en la parte norte de la Península del mismo nombre en México. Es una superficie plana constituida de roca caliza sedimentaria de origen marino que contiene entre 93 % y 97 % de carbonato de calcio: calcita (Videla et al., 2004). La naturaleza del subsuelo y la cercanía del manto freático a la superficie hacen que los mantos de agua sean muy susceptibles a la contaminación por los lixiviados de la basura depositada en los basureros, principalmente a cielo abierto.

Hasta 1997 la basura del municipio de Mérida era depositada en basureros al aire libre, en sitios destinados para ello o en basureros ilegales. Ahí, se descomponía generando malos olores y fauna nociva. También, existía gran cantidad de aves carroñeras que devoraban, animales muertos y residuos putrescibles. Sin embargo, el crecimiento de la ciudad limitó el sitio para disposición final de la basura, también la cantidad de residuos requirió áreas cada vez mayores. Además, las personas que habitaban cerca del sitio de disposición final, quejaban de malos olores, producidos por la descomposición de la basura, o por el humo generado por las quemas periódicas de la misma. Asimismo, la fauna nociva que se generaba alrededor del sitio representaba un problema de salud. Por ello, las autoridades de Mérida hicieron construir un relleno sanitario en 1997 para depositar la basura de los habitantes de la ciudad, quienes suman la cantidad de 648 000 (INEGI, 2000).

Para evitar la saturación del relleno sanitario y los costos asociados a su operación, la Dirección de Ecología Municipal ha trazado una estrategia que en lo fundamental se basa en reducir el volumen de basura que ingresa al depósito final por medio de la separación y el reciclaje. Para ello se ha establecido un reglamento que contiene como puntos principales:

1. La obligación de separar la basura en tres tipos: sanitaria, orgánica e inorgánica
2. La definición de la responsabilidad de los prestadores del servicio de recolección y la obligación de contratar el servicio de recolección
3. Regulaciones en la prestación del servicio de recolección, asignando días establecidos para cada tipo de basura.

4. La aplicación de multas por incumplimiento del reglamento y por depositar basura en la vía pública y sitios inapropiados.

Además se ha elaborado una estrategia para el manejo y disposición de los RSU que tiene como ejes principales para la recolección, la modernización de las rutas e infraestructura; para el reciclaje, una planta de separación y una planta de composta y, finalmente, para el depósito final, un relleno sanitario. De acuerdo con la nueva regulación (en vigor a partir de Enero de 2004), todos los hogares y ciudadanos de la ciudad de Mérida, deben separar su basura y a partir de Enero de 2005, se imponen multas a quien arroje desperdicios a la calle o en sitios no destinados para ello.

Este trabajo muestra los resultados obtenidos con un programa de reducción de RSU establecido en una filial de un centro gubernamental de educación, es decir, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, en Mérida, (CINVESTAV-Mérida). Este programa se ha adelantado a la política municipal sobre el manejo de la basura y puede servir de modelo para otros centros educativos de la Región Sureste de México y de todo el país para contribuir a disminuir los rechazos de la basura.

2.1. El sitio de trabajo (CINVESTAV-Mérida).

El CINVESTAV es una institución cuyas principales instalaciones se encuentran en la ciudad de México, aunque existen otras Unidades como la de Mérida, Saltillo, Guadalajara, Querétaro e Irapuato. CINVESTAV-Mérida es una institución abocada a la investigación básica y al desarrollo tecnológico, así como a la formación de maestros en ciencias y doctores en las distintas ramas que cultiva. La institución ocupa un área de aproximadamente 4 hectáreas. Para llevar a cabo su tarea cuenta con tres departamentos: Ecología Humana, Recursos del Mar y Física Aplicada. En la institución laboran alrededor de 70 profesores investigadores, 56 asistentes de laboratorio, 22 técnicos, 50 personas entre secretarías, personal administrativo y de intendencia y alrededor de 200 estudiantes. En resumen, puede esperarse que alrededor de 410 personas generen los RSU que fueron manejados en este estudio.

La basura que fue considerada en este trabajo es similar a aquella que tiene su origen en los hogares, parques, mercados, tiendas, sitios de demolición, sitios de construcción, instituciones y establecimientos de servicio, según lo define la Norma Oficial Mexicana (NMX-AA-091, 1987), es

decir, es la basura considerada residuo sólido municipal o urbano. Asimismo, por subproductos de la basura se entienden, los diferentes componentes físicos de la misma, (NOM-AA-091, 1987).

3. EL PROGRAMA DE MINIMIZACIÓN

Los objetivos del programa de manejo de residuos en la institución fueron: reducir los volúmenes de basura, cuantificar la reducción que se alcanzaba y evaluar los costos de dichas acciones. Para alcanzar los objetivos anteriores se realizaron acciones que se pueden agrupar en tres fases:

Fase 1:

- Cuantificación de volúmenes iniciales de basura generados y los costos asociados a su eliminación
- Identificación de las personas involucradas con el manejo de la basura en la institución
- Realización de reuniones con el personal administrativo, de intendencia y jardinería para explicarles el objetivo y las acciones de programa de reducción de basura de la institución.
- Identificación de los procesos empleados para eliminar la basura antes de iniciar el programa, así como de los cambios que implicaba el programa.
- Ubicación de botes para separar la basura.
- Designación de un responsable ejecutivo del programa, de un coordinador administrativo y uno académico.
- Difusión del programa por medio de la página web institucional y la red electrónica interna.

Fase 2:

- Entrenamiento en técnicas de reciclado, principalmente de orgánicos, por medio de talleres para todos los integrantes de la institución.
- Acondicionamiento del área para el composteo de orgánicos y de la bodega de cartón, periódicos y papel de oficina; compra de contenedores para los subproductos: envases de plástico (PET), vidrio y hojalata
- Compra de molino para orgánicos e instalación eléctrica para el mismo en el área de composteo, acondicionamiento general de áreas de depósito de reciclables, etc.
- Separación de productos reciclables y reciclado de orgánicos

Fase 3:

- Eliminación de residuos que no era posible reciclar y evaluación de sus cantidades y volúmenes.
- Venta de los subproductos reciclables
- Evaluación del programa y corrección de detalles para evitar problemas que surgieron como resultado de la aplicación del mismo.
- Difusión de los resultados por la red interna y mediante conferencias en otras escuelas, en el marco de las actividades del municipio de Mérida.

El personal mayormente involucrado en el manejo de la basura en la institución es el de intendencia y el de jardinería. Ellos son los encargados de mantener limpio el interior y el exterior de las instalaciones. Con su ayuda se realizó un cuarteo (NOM- AA-15, 1985), y se usó el peso volumétrico (NOM-AA-19, 1985) para determinar la cantidad total de la basura generada. Los subproductos fueron separados y clasificados para determinar su cantidad (NOM-AA-22, 1985), determinando que la basura generada se componía de un 48 % de orgánicos (hojas de árboles, césped y residuos de cocina); seguidos de 20 % de cartón y papel; 2% de latas de aluminio; 8 % de botellas de plástico (de tereftalato de polietileno, PET) de refrescos y agua purificada; 5% de botellas y envases de vidrio y otros materiales que resultaron difíciles de clasificar, pero que en su conjunto representaron un 17 %.

En los jardines, además de residuos orgánicos, eran depositadas latas y botellas de refrescos, así como bolsas de plástico de frituras. Para evitarlo, se dispusieron botes para la basura peatonal en sitios estratégicos de las áreas verdes. Tanto en los laboratorios como en las áreas verdes los botes contenían las respectivas leyendas: vidrio y metales (botellas, frascos, latas, etc); plásticos (botellas, bolsas, envolturas); orgánicos (papel, alimentos, madera).

Adicionalmente, a los RSU los talleres generaban viruta de madera y metal, residuos y pedazos de diferentes metales, plásticos, pinturas, lámparas quemadas, etc. Los laboratorios también generaban materiales y sustancias peligrosas diversas. Sin embargo, tanto la basura que podemos llamar de tipo industrial, de los talleres y los residuos peligrosos u de otra naturaleza, no ingresan al flujo normal de basura municipal ya que son enviados a un deposito especial, en donde son almacenados hasta una cantidad suficiente para que la empresa adecuada los transporte y sean eliminados apropiadamente, según sea el caso, de acuerdo con las diferentes normas del

Instituto Nacional de Ecología. Por consiguiente, solamente los residuos municipales generados por los trabajadores fueron incluidos en el programa de separación.

Durante los meses que se reportan la basura total fue transportada por medio de bolsas de plástico y luego depositada en contenedores en un cuarto dedicado a almacenarla, en un extremo apartado, en los patios de la institución. Periódicamente, un camión recolector recogía y transportaba los residuos al relleno sanitario, el cual era el destino final de los mismos. El contenido de las bolsas de plástico fue pesado y el peso anotado, posteriormente fue vertido en contenedores de 0.65 m de diámetro y 0.90 m de altura, es decir, con un volumen igual a 0.298 m³. El peso total y el volumen de la basura generada mensualmente se presentan en la Tabla 1.

Los contenedores fueron enviados periódicamente, al relleno sanitario cada vez que el depósito de la institución, estaba saturado. El volumen y peso de los residuos para el año 2000 fueron utilizados como referencia para evaluar el programa.

3.1 Inicio del programa de separación

Separación y reciclado de orgánicos

Después de cuantificar los diferentes subproductos de la basura, fue obvio que el mayor porcentaje estaba representado por los desechos orgánicos, como ya se mencionó. Debido a esto, los orgánicos fueron los primeros en ser separados del flujo de basura, lo cual se realizó a partir de Enero del año 2001. Todos ellos fueron composteados en celdas de estabilización durante seis semanas. La celda fue llenada con el material orgánico, a capas. Entre capa y capa se ponía inoculante, que en nuestro caso fue excremento de aves. Durante el proceso de llenado, el material orgánico era humectado lo necesario. Una vez llena la pila hasta una altura de dos metros se cubría y se dejaba reposar durante una semana. Después, era removido, a otra celda donde reposaba otra semana. El procedimiento fue repetido durante seis semanas, al cabo de las cuales el producto era tamizado o molido finamente para ser usado en las jardineras con flores, el césped y los árboles de la institución.

Separación de otros subproductos de la basura

En Mayo de 2002 se inició la separación de latas de lámina de acero (hojalata) y aluminio, botellas y recipientes de plástico de tereftalato de polietileno (PET) de diferentes colores, papel y cartón.

La generación diaria de basura y sus subproductos fue anotada, para cada edificio, en hojas de registro. De

esta forma se evaluó el tipo y la cantidad de los materiales por cada área de trabajo.

Tabla 1. Cantidad de Basura que fue enviada al relleno sanitario durante el período 2000/2003

Mes	AÑO							
	2000		2001		2002		2003	
	RSU (kg)	Volumen (m ³)	RSU (kg)	Volumen (m ³)	RSU (kg)	Volumen (m ³)	RSU (kg)	Volumen (m ³)
1. Enero	5 908	125.8	2 044	41.7	7 014	149.3	2 562	54.5
2. Febrero	8 232	175.2	3 220	68.5	5 908	125.8	1 330	28.3
3. Marzo	8 442	179.7	3 276	69.7	2 800	59.6	2 758	58.7
4. Abril	4 914	104.6	2 310	49.2	2 296	48.9	868	18.5
5. Mayo	9 254	197.0	2 968	63.2	2 800	59.6	1 176	25.0
6. Junio	5 474	116.5	3 934	83.7	2 254	48.0	1 596	34.0
7. Julio	6 412	136.5	2 996	63.8	2 142	45.6	1 680	35.8
8. Agosto	6 636	141.3	4 634	98.6	1 442	30.7	2 058	43.8
9. Septiembre	6 804	144.8	3 486	74.2	868	18.5	3 458	73.6
10. Octubre	7 672	163.3	5 138	104.4	1 750	38.1	1 834	39.0
11. Noviembre	5 586	118.9	4 662	99.2	1 610	34.3	4 270	90.8
12. Diciembre	1 988	42.3	2 240	47.7	1 400	29.8	2 240	47.7
Promedio mensual	6 440	137.2	3 402	72.7	2 688	57.4	2 142	45.8
Reducción Relativa al año 2000 (%)	0		47		58		67	

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reciclado de orgánicos

La producción de composta fue en promedio de 2 500 kg/año. Esta cantidad resulta muy pequeña ya que representa una producción aproximada, de tan solo 7 kg/día. Las celdas de composteo producían alrededor de 5 000 kg de producto al año pero debido a que los orgánicos no fueron molidos antes de iniciar el proceso de composteo, el producto resultaba burdo y en ocasiones con ramas, por ello había que cribarlo para separar los finos de los gruesos, éstos últimos eran regresados al proceso de composteo.

Si bien, normalmente la materia orgánica es molida antes de iniciar el proceso de composteo, este procedimiento no fue realizado en el marco de este trabajo debido a falta de personal y a la capacidad del molino con que contaba el sistema.

También se pensó que como el material consistía fundamentalmente de hojas y ramas se descompondría después de seis semanas, lo cual no resultó. Si se desea aprovechar todo el material orgánico que se genera en CINVESTAV-Mérida será

necesario que en futuras etapas del proyecto se considere hacer más eficiente el proceso de composteo mediante el aumento de la infraestructura física y humana especializada.

Separación de subproductos

No se pudo lograr que las personas que generan la basura sean las mismas que la separen. No fue suficiente con exhortar a los usuarios de la institución por medio de la red interna e informarles de las ventajas y logros del programa. Se hizo evidente que es necesario hacer campañas más intensas de concientización y manejo de residuos sólidos municipales, así como incluir en los reglamentos estudiantiles la obligatoriedad, de ser necesario bajo sanción, de depositar adecuadamente la basura.

La organización de campañas de educación ambiental y modificación de reglamentos internos es un proceso que no estaba contemplada en el marco de este trabajo, pero que será indispensable en el futuro.

La gran resistencia a cambiar la conducta habitual individual respecto de los desechos que se generan, dio como resultado que solamente alrededor del 5% del total de la basura fuera separada por los usuarios. Los contenedores fueron utilizados indistintamente.

En consecuencia la basura llegaba mezclada al depósito y había que dedicar a una persona a separar manualmente los subproductos. Con ello la eficacia del programa de minimización se vio disminuida y la operación del sistema en su conjunto también fue ineficiente, toda vez que sólo una persona recibía la basura, operaba el molino de la unidad de composteo y separaba la basura. A pesar de las limitaciones de infraestructura física y humana con las que se trabajó, los datos muestran que la generación de basura de Enero de 2000 a Diciembre de 2003, pudo ser disminuida mediante la separación de los diferentes subproductos (Tabla 1). Durante el año 2000, en el cual no se realizaron acciones de separación, la cantidad de basura generada fue de 77 280 kg, es decir, un promedio mensual de 6 440 kg. Dicha cantidad representaba un volumen anual de 1 646 m³ o mensual de 137.4 m³. Después de la separación de los orgánicos, en el año 2001, disminuyó a 40 824 kg o 3 402 kg mensuales, es decir, la basura que fue enviada al relleno sanitario de la ciudad disminuyó un 47 % en relación al año 2000, y en términos de volumen, ya era solamente 73 m³.

En los dos años siguientes también fueron retirados del flujo principal de residuos, además de los

orgánicos, el vidrio, plástico, papel de oficina y el cartón, con lo cual el volumen de los desechos enviados al relleno sanitario se redujo a 32 256 kg (2 688 kg/mensual) en 2002, y 25 704 (2 142 kg/mensual) en 2003, representando un volumen de 57 m³ y 46 m³ de basura, respectivamente. En otras palabras, en 2002, en comparación al año 2000 fue enviado al relleno sanitario, 58% menos basura y, en 2003 un 67 % menos.

El transporte de la basura al relleno sanitario se pagaba por el volumen de un contenedor o su equivalente en una bolsa apropiada, a 10 pesos por unidad. Los costos asociados al transporte de residuos al relleno sanitario de la ciudad se presentan en la Tabla 2. se observa que en el año 2000 fue pagada la cantidad de \$ 65 230 pesos, pero, como consecuencia de la separación, primero de orgánicos posteriormente de otros subproductos, el volumen se redujo y permitió que se pagaran solamente \$ 40 610; \$ 32 010 y \$ 24 690 pesos en los años 2001, 2002 y 2003, respectivamente. Es decir que en comparación con el año 2000 los pagos se redujeron un 38 %; 51% y 62 %, durante los años mencionados.

Tabla 2. Gastos pagados al recolector de basura para llevar los desperdicios de la institución al relleno sanitario durante el período 2000/2003.

Mes	Cuotas mensuales, (miles de pesos)			
	AÑO			
	2000	2001	2002	2003
1. Enero	7.00	3.03	6.77	2.45
2. Febrero	4.70	2.74	4.30	1.27
3. Marzo	6.70	3.28	2.36	2.64
4. Abril	3.90	2.21	2.20	0.83
5. Mayo	6.05	2.84	2.68	1.12
6. Junio	5.52	3.76	2.16	1.53
7. Julio	5.21	3.07	2.05	1.61
8. Agosto	5.34	4.28	1.38	1.97
9. Septiembre	6.94	3.35	0.86	3.30
10. Octubre	6.46	4.02	1.70	1.75
11. Noviembre	5.87	4.46	2.97	4.08
12. Diciembre	1.54	3.57	2.58	2.14
Cuota anual	65.23	40.61	32.01	24.69
Cuota mensual promedio	5.44	3.38	2.67	1.80
Porcentaje de ahorro anual relativa a 2000	0	38.0	51.0	62.2

Cabe hacer notar que la reducción de volumen de los rechazos se debió simplemente a la separación de los subproductos, del flujo principal de la basura y no se

usó ninguna máquina compactadora, la cual podría reducir aún más los volúmenes.

Los ahorros de la institución significaron, en la misma proporción, pérdidas para el transportista ya que en el año 2003 recibió únicamente el 38 % de lo que recibía en el 2000. Él se quejaba de que sus pérdidas eran aún mayores, ya que el programa institucional de separación lo dejaba sin productos que sus trabajadores recolectaban y él vendía a compradores específicos para cada uno de los subproductos. Con el objeto de evitar un conflicto, que hubiera derivado en que la institución tuviera que disponer de sus propios medios para el transporte de sus rechazos de la basura, y continuar teniendo el servicio de recolección, se acordó que el servicio fuera proporcionado en periodos más largos que los anteriores y se le darían los subproductos separados de la basura los cuales no fueron atractivos económicamente, como se explica más adelante. Esta situación muestra que la recolección de los residuos sólidos municipales y en particular los de la ciudad de Mérida, es un negocio que deja buenos dividendos a ciertos grupos sociales. Sin embargo, programas exitosos de minimización de la basura con separación desde la fuente y reciclaje de los subproductos pueden reconfigurar la distribución de beneficiarios, y con ello transformarse en motivo de conflictos sociales, si no se encuentran alternativas que satisfagan a las mayorías involucradas en el negocio de la basura.

Por otra parte, puede observarse de la Tabla 1 que la generación de basura en la institución no es constante. Existen periodos en los que se incrementa y decae abruptamente. La explicación a este comportamiento se debe a vacaciones escolares como; la navidad (Diciembre/Enero), la cuaresma (Marzo/Abril) y el verano (Julio/Agosto), en los cuales disminuye, en tanto que en los periodos normales aumenta. Por ejemplo, en Enero de 2001 se inicia con una gran cantidad de desechos que son enviados al relleno sanitario. Esto es debido a que los residuos no pudieron ser enviados antes de salir de vacaciones, alrededor de la segunda quincena de Diciembre, es decir que representa el acumulado de dos meses. Sin embargo, independientemente de las variaciones explicadas anteriormente, fue posible disminuir, hasta diciembre de 2003 en 67 % la cantidad de desperdicios que eran enviados al relleno sanitario. Este resultado concuerda con lo reportado previamente (Armijo de Vega et. al., 2003) para una institución de tamaño mayor del norte de México.

Correspondiendo a la reducción del volumen de la basura, los costos de transporte se redujeron de \$ 65, 230 pesos en el 2000 a \$ 24 690 en el 2003, lo cual representa un ahorro, solo para ese año, de \$ 40 540 pesos y demuestra los beneficios de la minimización, es decir, la iniciativa es rentable para la institución ya

que le permite hacer ahorros directos. Por otra parte, permite contribuir a incrementar la vida útil del relleno sanitario de la ciudad, mismo que recibe actualmente solo un tercio de la basura que recibía de nuestra institución. Sin embargo, los programas de minimización en otras escuelas en el estado de Yucatán no podrán ser motivadas por el incentivo económico que se obtenga con el programa, ya que el Estado les brinda el servicio de recolección de basura gratuitamente; el caso de la institución es excepcional en este sentido ya que al ser una institución federal debe pagar por el servicio. Así, la motivación para establecer programas de minimización de la basura en escuelas del sector público debe ser enfocada hacia motivaciones de tipo ecológico y de protección al medio ambiente, es decir, educación ambiental, lo cual es más difícil de lograr. Programas de educación ambiental también son muy necesarios en la misma institución donde ha sido realizado el presente estudio ya que, como se ha mencionado, existió muy poca colaboración de los usuarios que consideran que el problema de la basura en la institución debe ser solucionado por los administradores de la misma y que el personal adecuado para contener y atender los problemas asociados a los residuos, son los jardineros y principalmente el personal de intendencia. Los usuarios del sistema ignoran sistemáticamente los botes de basura específica y la mezclan, ocasionando con esa actitud, que el operador del sistema realice un esfuerzo excesivo y pierda tiempo en la separación de los subproductos.

El comportamiento respecto de la basura es similar al observado en el ciudadano común, quien considera que el problema de la basura solo compete resolverlo a las autoridades y no se considera responsable del manejo adecuado de su basura. Por ello, los programas de educación ambiental deben ser incorporados a los programas académicos de las instituciones, y los ordenamientos para depositar apropiadamente de la basura, a los reglamentos estudiantiles, con el objeto de crear un mejor hábito para el manejo de los residuos sólidos municipales y de protección al medio ambiente en los ciudadanos. En este sentido se trabaja ya en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de su Centro de Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), en coordinación con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), quienes han evaluado la contribución de las universidades mexicanas (Bravo-Mercado y Sánchez-Soler, 2002) y, con base en dicha evaluación, impulsan la formulación de Planes Ambientales en las Instituciones de Educación

Superior (PAIS) con miras al desarrollo sustentable (Bravo-Mercado y Sánchez Soler, 2002a).

Los PAIS pueden contribuir a subsanar la necesidad de educación ambiental para enfrentar el reto que presentan los problemas ambientales en México y particularmente el problema del manejo sustentable de la basura. El programa que se ha presentado, es un trabajo pionero en ese sentido, se inserta muy bien en la tendencia que se verá en los próximos años en las universidades mexicanas y puede servir de ejemplo para el manejo sustentable de la basura.

Se ha demostrado, en este trabajo, que un programa de minimización de residuos sólidos municipales, cuando es operado con éxito, logra reducir los rechazos, con solo separar la basura en sus subproductos, hasta casi dos tercios; éstos son enviados a su destino final, que en el caso de Mérida, es el relleno sanitario y en otros lugares del estado de Yucatán y del país un tiradero a cielo abierto. En ambos casos, se tiene un beneficio para el medio ambiente. Por otra parte, se obtienen beneficios económicos directos por reducción de costos para transporte de los rechazos y se pueden obtener materiales susceptibles de ser reciclados. No obstante, es necesario incrementar el esfuerzo en este sentido ya que actualmente, los subproductos de la basura son comprados a precios muy bajos y por ello hay que manejar grandes volúmenes para obtener algún margen de utilidad. Para las instituciones académicas es posible que la venta de los subproductos de la basura no sea rentable, ya que las cantidades que se obtienen no son suficientemente atractivas para los comerciantes y los subproductos deban ser almacenados por largo tiempo con el consiguiente costo que ello representa.

Por la venta de subproductos de la basura, sólo se obtuvo una ganancia neta de \$ 220 pesos durante un semestre (Tabla 3), por lo cual se decidió donar los subproductos separados, como ya se mencionó líneas arriba.

Si no es posible reciclar los subproductos de la basura desde la fuente, cuando menos se debe intentar aumentar su valor agregado ya que, por ejemplo, un kilogramo de PET en forma de hojuelas, puede ser vendido entre 50 y 60 pesos. Además de que al ser molido este material reduce su volumen y se facilita con ello, su almacenamiento.

La ventaja económica de este programa surge de la reducción de las cantidades y, principalmente, del volumen de basura que es desechada, ya que la reducción permitió un ahorro total en pesos de \$ 38

000; \$ 51 000 y \$ 62 000 en los años 2001, 2002 y 2003, respectivamente y es rentable, ya que después de tres años han sido amortizados los costos iniciales de la infraestructura (molino para orgánicos, tejaban y celdas de maduración para el área de composteo, etc), así como los salarios del personal para su operación, (Tabla 3).

5. CONCLUSIONES

Un programa de minimización de RSU establecido en un centro público de investigación ha demostrado que es posible reducir la basura que es enviada como rechazo con destino al relleno sanitario hasta en casi el 70 %. Además es rentable y origina ganancias, una vez que se ha amortizado la inversión inicial, mediante los ahorros que se obtienen con la operación del sistema, principalmente por ahorros en las cuotas que es necesario pagar para enviar la basura al sitio de disposición final. En el caso particular que se ha presentado, después de tres años de operar el sistema en la institución, se ha obtenido una ganancia neta de \$ 57 640 pesos, la cual sin duda será superior en los próximos años, ya que no se requerirá de mayor inversión en el sistema, a menos que se quiera optimizar, sino solamente gastos de operación.

Es recomendable establecer un programa similar en todos los centros escolares, en las industrias y empresas del país, ya que si éstos logran reducir los volúmenes de basura que envían al sitio de disposición final, como se efectuó en este ejemplo, los volúmenes de residuos dispuestos se pueden reducir hasta casi dos tercios. Consecuentemente, el tiempo de vida útil del sitio de disposición final de la basura, se puede incrementar en la misma proporción.

El programa de minimización de rechazos de la basura ayudaría a obtener ahorros a los municipios, e indirectamente al contribuyente, o directamente a las escuelas públicas, en caso que sean ellas las que paguen el servicio de eliminación de los residuos. En ambos casos, el dinero ahorrado puede servir para reinvertir en el mejoramiento de los mismos centros escolares o para apoyar otras acciones de interés social.

Tabla 3. Balance monetario (en pesos) entre costos de infraestructura y operación del sistema para minimizar la basura y ahorros por transporte, reciclaje y venta de subproductos. Las cifras corresponden al periodo Enero de 2000/Diciembre de 2003.

Concepto	Compras/Gastos (pesos)	Ventas totales (pesos)	Ahorros/ganancias (pesos)	Ganancia (pesos)
Molino	9 000			
Salarios	29 348			
Materiales	11 330			
Celdas de composta, tejaban y varios	23 064			
Venta de subproductos	277	597	220	
Transporte de basura a relleno sanitario			98 380	
Abono orgánico		32 056	32 057	
Total	73 019	32 653	130 657	
Ganancia neta				57 638

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armijo de Vega C., Ojeda-Benítez S., Ramírez-Barreto E. (2003). Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. "Resources, Conservation and Recycling". 39, 283-296.

Bravo Mercado M. A., Sánchez-Soler M. D. (2002). Acciones Ambientales de las Instituciones de Educación Superior en México en la Perspectiva del Desarrollo Sustentable: *antecedentes y situación actual*, Centro de Educación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Asociación de Universidades e Instituciones de Educación Superior ANUIES), México, D. F.

Bravo Mercado M. A., Sánchez-Soler M. D. (2002a). Plan de Acción para el Desarrollo en las Instituciones de Educación Ambiental, Centro de Educación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Asociación de Universidades e Instituciones de Educación Superior ANUIES), México, D. F.

Buenrostro O, Bocco G, Cram S. (2001a). Classification of sources of Municipal solid wastes in developing countries. "Resources, Conservation and Recycling". 32, 29-41.

Buenrostro O, Bocco G, Bernache G. (2001b). Urban solid waste generation and disposal in Mexico. A case study. "Waste Management and Research" 19, 169-76.

Buenrostro O, Bocco G, Vence J. (2001c). Forecasting the generation of urban solid waste in developing; a case study in Mexico. "Journal of the Air and Waste Management Association". 51(1), 86-93.

Castillo Berthier Héctor . (1983). The Garbage Society: Caciquism in Mexico City. Publicación de la UNAM, Instituto de Ciencias Sociales, Mexico.

Castillo Berthier Héctor. (2003). Garbage work and society. "Resources, Conservation and Recycling". 39, 193-210.

INE. (1999). Instituto Nacional de Ecología. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Recursos Naturales y Pesca. Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, INE, México, D. F.

- INEGI (2000). “Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática”. México, D. F.
- Jong, P. de, Wolsink M. (1997). The structure of the Dutch waste sector and impediments for waste reduction. “Waste Management & Research”. 15, 641-58.
- NMX-AA-015. (1985). Norma Mexicana. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Muestreo – Método de Cuarteo. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-022. (1985). Norma Mexicana. Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Selección y Cuantificación de Subproductos. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-019 (1985). Norma Mexicana. Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Peso Volumétrico “in situ”. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-061. (1985). Norma Mexicana. Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de Generación. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NMX-AA-091 (1987). Norma Mexicana. Calidad del Suelo- terminología. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Phillips P. S, Read A. D, Bates M. P. (1999). UK Waste minimization clubs: a contribution to sustainable waste management. “Resources, Conservation and Recycling”. 27:217-47
- SEMARNAP (Secretaría de Recursos Naturales Medio ambiente y Pesca). (1999), Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos, Dirección general de materiales, residuos y actividades riesgosas.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2001, Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de gestión para la protección ambiental, Dirección de manejo integral de contaminantes.
- Tonglet M., Phillips P. S., Bates M. P. (2004). Determining the drivers for householder pro-environmental behaviour: waste minimization compared to recycling. “Resources, Conservation and Recycling”. 42, 27-48.
- Videla H., Maldonado L., Gómez S., Guiamet P. S., Herrera Quintero L. K. (2004). Microbial effects on rock decay in archaeological buildings of the Puuc highway in Yucatan, Mexico. En “Proceedings of the 2nd International RILEM Workshop on microbial Impact in building material”. CD 11. R. Ribas Silva (editor), RILEM-Pub. S. A. R. L., 157 Rue des Blaines –F-92220, Bagneux France.
- Williams P. T. (1998). “Waste treatment and disposal” 1st edition. Wiley & Sons, England.

Este documento se debe citar como:

Maldonado L. (2006). **Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso.** *Revista Ingeniería*, 10-1, pp. 59-68. ISSN: 1665-529X