

Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California

Armijo de Vega, C.¹, Ojeda-Benítez, S., Ramírez-Barreto, E. y Quintanilla-Montoya, A.

Recibido: 27 de junio de 2006 – Aceptado: 20 de octubre de 2006

RESUMEN

La caracterización de los residuos sólidos es el primer paso que debe tomarse para la planeación de un manejo integral de los residuos sólidos. Este artículo reporta los resultados de un estudio de caracterización de residuos del Campus Mexicali I de la Universidad Autónoma de Baja California, México. El propósito de esta investigación fue conocer la cantidad de residuos que se generan en el campus así como el potencial de reducción y reciclaje que presentan estos residuos. El análisis se realizó a la totalidad de los residuos generados en edificios y jardines y en el área de cafetería durante catorce días seguidos. Se encontró que el campus genera una tonelada diaria de residuos. Los residuos generados en edificios académicos y administrativos mostraron un 33% de residuos reciclables, los generados en jardines un 80% y los procedentes del área de cafetería un 54%. Los resultados de esta investigación destacan dos aspectos importantes: 1) el potencial de explotación de los residuos universitarios y 2) un reto para su manejo integral. Las estrategias que se propongan para el manejo integral de los residuos sólidos en la UABC deberán tomar en cuenta las características de los residuos, las cantidades generadas así como las diferencias entre los puntos de generación.

Palabras clave: caracterización de residuos, potencial de reciclaje, residuos sólidos universitarios.

Recycling potential of the solid waste generated at a higher education institution: the case of the Autonomous University of Baja California, Mexico

ABSTRACT

Solid waste characterization is the first step that must be taken within the planning of an integrated waste management program. This paper reports the results of a characterization study of the waste from Campus Mexicali I of the Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Mexico. The objective of this research was to quantify the reduction and recycling potential of the waste generated at the campus. The characterization analysis was performed through fourteen consecutive days to the waste generated in three areas that comprise the whole campus: 1) administrative and academic buildings, 2) halls and gardens, and 3) cafeteria. It was found that a ton of waste per day is produced at the campus. The results showed that 33% of the waste generated at buildings is recyclable, 80% of the waste generated in gardens is potentially recyclable and that a 54% of the waste generated at the cafeteria is potentially recyclable. The results of this research highlight two important aspects: 1) the potential exploitation of university waste, and 2) a challenge for its integrated management. The strategies for a proper waste management at UABC should consider the types and volumes of the waste as well as differences among the different generation spots.

Key words: Waste characterization studies, recycling potential, campus waste.

¹ Investigadora, Instituto de Ingeniería, UABC. Ensenada, B.C. Email: carmijo@uabc.mx

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio fue conocer el potencial de reciclaje de los residuos generados en uno de los campus de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México, a través de un estudio de caracterización de sus residuos sólidos.

Las prácticas actuales de manejo de residuos en Mexicali, como en la mayoría de las ciudades de México, es la manipulación de los residuos revueltos, esto es, sin segregar de acuerdo al tipo de residuos, excepto en los casos de algunas industrias, hospitales y otras instituciones. En el caso de la mayoría de las instituciones de educación superior, el manejo de los residuos se hace sin segregación.

En México, el servicio municipal de recolección y disposición final de residuos no ofrece este servicio a las universidades, sino que son las mismas instituciones las que deben pagar por él a una compañía privada. Considerando esto, es claro que la reducción de las cantidades de residuos que debe ser transportada y dispuesta en el relleno sanitario tendría dos consecuencias: a) la reducción del gasto institucional destinado a este concepto y, b) ayudar a prolongar la vida útil de los sitios de disposición final. Por otro lado, además de los beneficios económicos, una reducción de los residuos trae consigo beneficios ambientales y sociales, así como de imagen para la institución involucrada (WWF, 1991).

A pesar de los beneficios de la reducción de los residuos, la puesta en marcha de un sistema para manejarlos no es tarea sencilla. Strange (2002) menciona que para enfrentar los problemas de manejo de residuos, se pueden utilizar diversas alternativas. Entre éstas están los planes y programas de manejo, regulaciones y estándares técnicos, incentivos financieros, y medidas persuasivas.

En lo que se refiere a las regulaciones, en octubre del año 2003 se publicó en México la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT, 2003). De acuerdo con esta Ley los grandes generadores de residuos –la Ley define como gran generador a toda organización que genere más de 10 toneladas de residuos al año- están obligados a contar con planes de manejo los cuales deberán elaborarse con base en un diagnóstico básico de sus residuos. Los planes de manejo deberán orientar y promover medidas de prevención, valorización y el desarrollo de sistemas integrales para el manejo de los residuos.

En el aspecto socio-cultural, las universidades se desempeñan bajo la obligación moral y ética de actuar responsablemente hacia el medio ambiente y hacia la sociedad. Esto debería imponer una doble preocupación por el manejo adecuado de sus residuos. El hacerlo ayudaría tanto a optimizar el uso de sus recursos económicos como a servir de modelo a seguir por otras instituciones así como por la sociedad en general.

Para establecer planes de manejo de residuos se considera ventajoso estudiar su manejo a nivel institucional (Shah, 2000). También, debido a la naturaleza integrada de sus actividades, las instituciones pueden fácilmente construir el marco de referencia para elaborar sus propios sistemas de manejo de residuos (Mbuligwe, 2002). Hasta antes de este estudio la UABC desconocía las cantidades y composición de sus residuos.

METODOLOGÍA

El estudio constó de tres etapas principales: a) estimación de la generación diaria, b) muestreo y caracterización de la muestra, y, c) captura y análisis de datos. La estimación de la generación diaria se hizo con base en el peso de residuos recolectado por la compañía privada que prestaba el servicio a la UABC. Para conocer el peso de los residuos generados en el campus primero fue necesario conocer el peso neto del camión vacío. La diferencia entre el peso del camión lleno y el camión vacío proporcionó el peso de la carga. Posteriormente, en 45 ocasiones diferentes, se pesó el camión lleno con residuos del campus. Esta información se utilizó para calcular el peso promedio de cada carga. Con la información del peso promedio de la carga del camión y el número de veces a la semana que se llenaba el camión con residuos de la UABC, se estimó la generación diaria (Figura 1).

La muestra se tomó de tres puntos de generación distintos: 1) edificios académicos y administrativos, 2) jardines y corredores, y 3) centro comunitario (área de tiendas, comedor y cafetería). La caracterización de los residuos se hizo usando la metodología modificada propuesta por Buenrostro-Delgado (2001) para caracterización de residuos domiciliarios. Se tomaron muestras durante catorce días seguidos (excepto domingos); los primeros dos días fueron muestreos de prueba. Esta prueba ayudó a unificar criterios para la toma de datos e identificación de residuos. Los resultados de los residuos analizados durante los siguientes doce días son los reportados en este artículo.

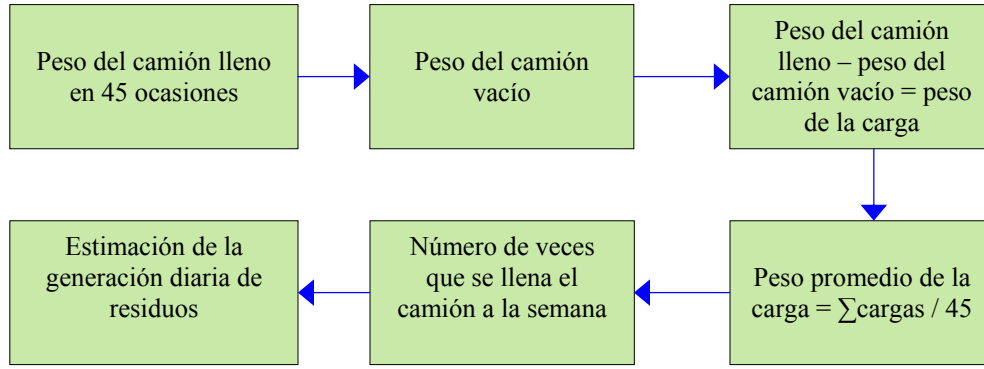


Figura 1. Pasos seguidos para la estimación de la generación diaria de residuos.

Los encargados de depositar los residuos en el sitio de almacenamiento temporal para residuos en la UABC son los conserjes, cada uno tiene a su cargo la limpieza de ciertas áreas definidas. Para la toma de las muestras se entregaron a los conserjes bolsas previamente etiquetadas para identificar su procedencia. Se les pidió que en lugar de llevar las bolsas con residuos al almacén temporal las llevaran al lugar donde se haría el análisis de las muestras. El registro de los datos de la caracterización se hizo en la forma de registro de sub-productos. Esta forma se construyó con las categorías consideradas por el Collage and University Recycling Council (CURC, 2001).

Los pesos de cada categoría de residuos fueron registrados en una base de datos. La base de datos se construyó con las categorías de la clasificación de residuos: papel y cartón, plásticos, residuos

orgánicos, vidrio, metales, residuos de construcción o demolición, residuos sanitarios, residuos peligrosos y otros, cada una con sus correspondientes sub-categorías. El porcentaje en peso para cada una de las subcategorías fue calculado usando la ecuación 1:

$$PS = \left(\frac{PL}{PT}\right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

PS = porcentaje de la subcategoría

PL = Cantidad de la subcategoría en kilogramos

PT = Peso total de la muestra en kilogramos

Posterior a la obtención de su peso y para conocer el potencial reciclaje de los residuos, cada subcategoría fue clasificada de acuerdo a las categorías presentadas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Potencial de reciclaje para las subcategorías de residuos

Sub-categorías de residuos		Potencial de reciclaje**		
		1	2	3
Papel y cartón	Papel bond de color, periódicos, revistas, cartón	✓		
	Otros			✓
Plásticos	Contenedores 1 y 2*	✓		
	Cont. 3 a 7, Bolsas de plástico*		✓	
	Contenedores sin numero, plástico diverso			✓
Orgánicos	Residuos de comida, hojas y pasto, ramas de árboles		✓	
	Orgánico diverso			✓
Metales	Aluminio, hojalata, metal diverso	✓		
Vidrio	Vidrio verde, ámbar y blanco	✓		
	Otros		✓	
Construcción/Demolición	Grava, rocas, Madera y otros		✓	✓
Peligrosos	Baterías		✓	
	Reactivos, Insecticidas			✓
Otros	Residuos sanitarios, otros			✓

*Se refiere al número dentro del símbolo de reciclaje que aparece en los envases de plástico. Contenedores 1 = PET, Contenedores 2 = HDPE, Contenedores 3 a 7 el resto de las resinas reciclables.

Modificado de Ojeda-Benítez, et al. 2000. Esta tabla se construyó de acuerdo al mercado local de reciclables en la ciudad de Mexicali.

** 1= Residuos para los que existe un mercado del reciclaje, 2= Residuos reciclables pero para los que no existe mercado local, 3= Residuos no reciclables.

RESULTADOS

El peso total estimado para el Campus Mexicali I de la UABC fue de una tonelada por día en promedio considerando los residuos de las tres fuentes de generación analizadas. El peso promedio de una carga completa del camión fue de 1000 Kg. (± 0.15 , $\alpha 95\%$) y se realizó un viaje al relleno sanitario por día con una carga completa de residuos. En total se caracterizaron 4,800 Kg. de residuos, de los cuales 2,567 Kg. correspondieron a las muestras de edificios, 1,360 Kg. a jardines y 238 Kg. al centro comunitario y 673 Kg. de procedencia desconocida ya que las bolsas no contaban con la identificación de origen.

Sin embargo esto no quiere decir que 4.8 toneladas haya sido el total de los residuos producidos en doce días de muestreo, sino que esa fue la cantidad de residuos que fue llevada para su caracterización.

Puesto que la estimación diaria fue de una tonelada, entonces aproximadamente se caracterizaron en promedio 0.4 toneladas cada día, esto corresponde al 38.3% de los residuos generados diariamente. Los residuos analizados de las tres fuentes de generación arrojaron los resultados de composición mostrados en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Composición porcentual de los residuos sólidos generados en edificios, jardines y centro comunitario de la UABC

Categorías de residuos	Edificios	Jardines	Centro comunitario
Papel y cartón	43.6%	7.5%	23.3%
Plásticos	6.7%	3.0%	8.2%
Orgánicos	10.2%	80.0%	54.1%
Metales	2.5%	0.4%	4.5%
Vidrio	3.6%	1.7%	4.6%
Construcción/demolición	1.8%	0.2%	1.9%
Peligrosos	0.3%	0.2%	0
Otros	31.3%	7.0%	3.4%
Total	100.0%	100.00%	100.00%

Con base en los resultados de la **Tabla 2** y en la clasificación de reciclaje de la **Tabla 1**, es evidente que una gran proporción de los residuos generados en la Campus Mexicali I de la UABC pueden ser reciclados o son potencialmente reciclables. Esto se muestra en la **Tabla 3**, en donde se puede apreciar que del total de residuos producidos en edificios, la

categoría de papel y cartón representa el porcentaje más importante (33.02%) de residuos reciclables en la localidad. En el caso de los residuos provenientes de jardines, la proporción más importante está representada por los residuos potencialmente reciclables (80.12%); este mismo caso se presentó en los residuos del centro comunitario (53.72%).

Tabla 3 . Porcentaje de residuos reciclables por categoría de residuo

	Edificios			Jardines			Centro comunitario		
	R.	P.R.	N. R.	R.	P.R.	N.R.	R.	P.R.	N.R.
Papel y cartón	33.0	0.0	12.3	4.1	0.0	3.4	12.9	0.4	10.0
Plásticos	3.5	0.5	2.8	1.5	0.3	1.2	4.7	2.7	0.8
Orgánicos	0.0	10.8	0.0	0.00	80.1	0.0	0.0	53.7	0.4
Metal	2.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0
Vidrio	3.6	0.1	0.0	1.6	0.2	0.0	4.6	0.0	0.0
Cons./Demol.	0.0	1.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.3	0.6
Res. Sanitarios	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0
Peligrosos	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Otros	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	3.4
Total	42.3	12.7	45.0	7.6	80.7	11.7	26.7	58.1	15.2

R= Reciclable en la localidad, P.R.= Potencialmente reciclable, N.R.= No reciclable

Para tener una idea de lo que los resultados anteriores representan en términos del total de los residuos producidos en la UABC, en la **Figura 2** se presentan los porcentajes según la categoría de reciclaje. Como

se puede apreciar en la **Figura 2**, cuando los residuos son analizados en su totalidad, éstos presentan proporciones de reciclaje muy cercanas entre sí.

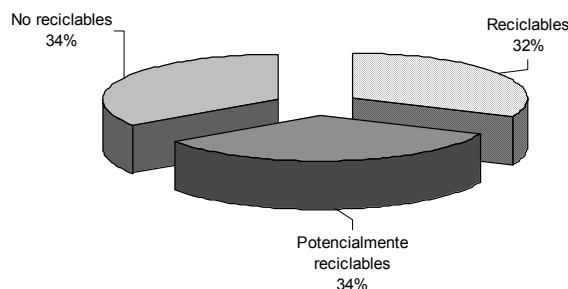


Figura 2. Porcentajes de residuos según su categoría de reciclaje.

DISCUSIÓN

La caracterización de los residuos sólidos es el primer paso para planear adecuadamente su manejo integral. El conocimiento de la composición de los residuos permite planear las estrategias de separación, recolección y periodicidad de entrega para su reciclaje.

Los resultados de este estudio evidenciaron dos aspectos importantes: 1) el alto potencial de recuperación de los residuos para su reciclaje, y 2) el reto que implica su manejo integral.

Los residuos de la UABC presentan un alto potencial de recuperación; tanto en el caso de los residuos generados en edificios, como los de jardines y los del centro comunitario. La mayor proporción de los residuos se encuentra dentro de las categorías reciclable y potencialmente reciclable las cuales, en conjunto, representan el 55% para el caso de edificios, 88% para el caso de jardines y 85% para el caso del centro comunitario. A continuación se discuten los resultados por fuente de generación.

Residuos generados en edificios

De los residuos generados en los edificios administrativos y académicos, la proporción más importante está representada por el papel, con un 43.5%, siendo el 33% de éste el que presenta un potencial de reciclaje. Este porcentaje podría ser mayor si desde su generación el papel no se hubiera

mezclado con otros residuos como restos de comida, los cuales contaminan al papel impidiendo su venta a los recicladores. Es importante hacer notar que además del potencial de reciclaje, residuos tales como el papel, cuentan con un potencial elevado de reducción. Por ejemplo, el papel blanco encontrado en los residuos de la UABC en la mayoría de los casos había sido usado solamente por uno de los lados de la hoja, lo que muestra que la práctica de reutilización de papel es casi inexistente en la UABC.

Cuando se buscan alternativas de manejo de residuos, antes de considerarse al reciclaje como una opción, deben ponerse en marcha opciones de reducción de residuos. La reutilización es una de esas estrategias y, en el caso de la UABC, si el papel blanco fuera usado, en el mejor de los casos la generación de residuos de papel podría reducirse a la mitad. Aunado a lo anterior, si se fomentaran otras formas de comunicación tales como el uso del formato electrónico, la generación de papel residual se podría reducir aún más. En algunas universidades de los Estados Unidos de América, para reducir el papel residual, existen campañas para incentivar el reuso de los sobres amarillos, para reutilizar el papel por el lado limpio para elaborar borradores o memorandos y reportes, para usar el correo electrónico como canal principal de distribución de la información, así como para emplear impresoras que imprimen por los dos lados. La mayoría de estas estrategias pueden ser aplicadas inmediatamente y podrían reducir

considerablemente el consumo y disposición de papel.

Tomando en cuenta la ausencia actual de estas estrategias en la UABC y considerando las cantidades de papel que se generan en los edificios, se recomienda ubicar depósitos para la separación de papel usado. Estos depósitos deberán estar situados en las oficinas administrativas, principalmente cerca de las áreas de fotocopiado. La colocación de recipientes para papel usado deberá estar acompañada de campañas informativas así como de anuncios o carteles ubicados cerca de los depósitos para papel.

El residuo que ocupó el segundo lugar en generación en edificios fueron los residuos sanitarios. Por su naturaleza, estos residuos no pueden ser reciclados ni reutilizados, sin embargo, se pueden fomentar las estrategias de sensibilización para disminuir el desperdicio de papel sanitario.

Residuos generados en jardines

En el caso de los jardines, los residuos que tienen una mayor contribución en peso son los residuos orgánicos. Estos residuos estuvieron compuestos principalmente por restos de plantas procedentes de las actividades semanales de poda y corte de césped. En la actualidad en Mexicali no se cuenta con empresas que reciban de manera ordenada y sistemática este tipo de residuos por lo que éstos fueron considerados como potencialmente reciclables. Sin embargo, son residuos que en la UABC se generan de una manera periódica, ordenada y limpia, ya que se generan en un momento dado (durante la poda) y son depositados en el contenedor por una sola persona (el jardinero que hizo la poda), a diferencia de otros tipos de residuos como el papel que son generados durante todo el día, por diferentes personas y se depositan en diversos contenedores. La forma en que se generan los residuos orgánicos en jardines facilita la puesta en marcha de cualquier estrategia de reutilización de este tipo de residuos. Por ejemplo, en la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo se propone utilizar los residuos orgánicos en la elaboración de composta en apoyo a programas de reforestación y mantenimiento de las áreas verdes en el campus (Sánchez-Yáñez, *et al.* 2005).

Residuos generados en el centro comunitario

En el caso de los residuos procedentes del centro comunitario, la mayor contribución fue la de los residuos orgánicos procedentes de los restos de alimentos preparados o de los residuos generados durante su preparación. Estos residuos se generan durante todo el día y se depositan revueltos junto con los demás residuos en los mismos basureros. Como

en el caso de los residuos procedentes de los jardines, no existe en la localidad una compañía que acepte este tipo de residuos, por lo que en la actualidad es prácticamente imposible darle a estos residuos un destino diferente al relleno sanitario. Sin embargo, no todas las soluciones que se planteen para el manejo apropiado de los residuos generados en las instalaciones universitarias deben provenir de su exterior, el procesamiento de estos residuos puede darse en las mismas instalaciones. Una práctica común de algunas universidades, para usar los residuos orgánicos procedentes de sus jardines y de las áreas de comedores, es hacer composta, ya sea en el campus universitario o fuera de éste. Por ejemplo, en el Ithaca College, en los EUA se utilizan semanalmente 5 toneladas de residuos de alimentos para hacer composta, lo cual representa aproximadamente de un 13 a un 15% del total de sus residuos (REMP, 2003). La Apalachian State University, también en los EUA, emplea los residuos de alimentos en un sistema de composteo que utiliza cerca de dos toneladas cada año (N.C. Project, Green, 2004). Siguiendo estos ejemplos, y considerando que la UABC cuenta con espacios adecuados y personal capacitado, en esta institución se podría implementar un sistema de composteo que diera uso, tanto a los residuos procedentes de los jardines, como a los procedentes del centro comunitario.

Otros estudios sobre residuos universitarios han demostrado un aprovechamiento importante de los mismos en instituciones educativas. En un estudio publicado por Mbuligwe (2002) sobre el manejo de residuos en tres instituciones de Tanzania, se encontraron resultados similares a los de este estudio, reportándose para esos casos un potencial de recuperación y reutilización de los residuos que van del 71.6% al 86.8%. El autor no menciona la situación del mercado de los reciclables en Tanzania, sin embargo, menciona que de manera informal se tienen en práctica actividades de reutilización, principalmente de los residuos de alimentos que se entregan a criadores de puercos, quienes utilizan estos residuos como alimento de los animales, reduciendo significativamente los gastos de alimentación de los mismos. En el caso de los residuos orgánicos de la UABC, podrían iniciarse prácticas como la reportada por Mbuligwe (2002) en Tanzania. Considerando que en los suburbios de Mexicali y en su Valle se cuenta con numerosas granjas donde se crían cabras, puercos y vacas, es posible considerar entonces que estos lugares puedan ser potenciales consumidores de los residuos de alimentos que se producen en el centro comunitario en el Campus Mexicali I de la UABC. El aprovechamiento de los residuos está previsto dentro de las regulaciones Mexicanas en materia de manejo

de residuos, siempre que se cuente con los permisos correspondientes por parte de los receptores. Cabe mencionar que este tipo de prácticas también se llevan a cabo en universidades de países desarrollados, por ejemplo, en Rutgers University y en Brown University en los EUA los residuos de alimentos tanto sólidos como líquidos son entregados a granjeros locales para la engorda de ganado vacuno y porcino (UF Sustainability Task Force, 2002).

En los países desarrollados, los programas de recuperación de residuos para su reciclaje iniciaron en las Universidades hace 20 años y, en algunos casos, hace más tiempo aún. Un estudio de composición de los residuos, llevado a cabo en Brown University (USA) realizado en 1992, reveló que aproximadamente el 45% de los residuos generados en esta institución, eran reciclables. Brown University cuenta con un programa de reciclaje desde 1972 y en la actualidad recicla el 31% de sus residuos (Brown Programs, 2004). Otro ejemplo es el brindado por Colorado State University y University of Florida las cuales reciclan el 54% y el 30% de sus residuos, respectivamente (UF Sustainability Task Force, 2002). Se debe considerar que en los Estados Unidos de Norteamérica es obligatorio para las escuelas y universidades contar con programas de reducción y reciclaje de residuos. Por ejemplo, Culler (2003) reporta que el estado de Carolina del Sur, a través de su Acta de Manejo de Residuos Sólidos aprobada en 1991, requiere que todas las agencias, así como colegios y universidades reduzcan sus residuos, midan esa reducción, que pongan en marcha actividades de reciclaje y que reporten anualmente estas actividades. Otro ejemplo lo aporta el caso de Kentucky, en donde a través de las Actas KRS-224.10-65 y KRS-160.294, se obliga a colegios y universidades a reciclar aluminio, papel y cartón corrugado (KPPC, 2004).

Tomando en consideración la información del párrafo anterior, se hace evidente que, aunque el potencial de recuperación y reciclaje de los residuos de la UABC sea muy elevado, esto no quiere decir que en la práctica sea sencillo lograr un aprovechamiento total de ese potencial. En los casos presentados de las universidades de los EUA han pasado muchos años desde las primeras experiencias en este tema. Aunado a esto, desde inicios de los años 1990's, en ese país se han expedido una serie de políticas y programas que guían e incentivan la puesta en marcha de programas de reducción y reciclaje de residuos en las instituciones de educación superior. En México el caso es diferente, sin embargo, con los acontecimientos recientes en materia de regulación y políticas de manejo de residuos (nueva ley), se espera

que se establezcan los cimientos para un manejo integral de residuos. De los escasos reportes sobre manejo de residuos en universidades y centros de investigación mexicanos es importante mencionar el caso publicado por Maldonado (2006) en donde menciona que de los residuos generados en el CINVESTAV-Mérida, se ha logrado reducir en un 67% el volumen de residuos a través de un programa de manejo. Este ejemplo da testimonio del importante impacto que este tipo de programas puede llegar a tener.

Aunque la nueva Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos será flexible en su aplicación, de acuerdo al tipo de generador de que se trate, es clara en cuanto a la obligatoriedad de Planes de Manejo Integral de residuos que contemplen programas de reducción y reciclaje. Por esto, ahora más que nunca, resulta conveniente contar con información y conocimientos de la dimensión del problema para poner en marcha planes de acción.

Independientemente de las presiones ambientales legales, las universidades no pueden darse el lujo de ignorar los problemas ambientales asociados a sus operaciones, el caso de los residuos sólidos es uno de ellos. Los programas de manejo integral de residuos en instituciones educativas mostrarán a la comunidad como con prácticas sencillas pero constantes y organizadas se puede dar alivio a los problemas generados por el manejo inadecuado de desechos sólidos. Este tipo de ejemplos podrían crear un efecto sinérgico mediante el cual cada vez sectores más amplios de la población pongan en marcha programas de manejo de residuos.

En lo referente a la temporada en la que se tomó la muestra de residuos analizada de este estudio, diversos autores (Buenrostro-Delgado, 2001; Shah, 2000; INE, 1999) han reportado que existe una variabilidad estacional en la composición y en la cantidad (aumentando la generación en los meses cálidos) de los residuos sólidos municipales. Los residuos analizados en el presente estudio fueron generados en una universidad, sin embargo, se podría asumir que a lo largo del año deben presentar variaciones parecidas a las reportadas para los residuos sólidos municipales. Esto se supone porque, aunque las actividades académicas y administrativas son las mismas a lo largo del año en el Campus (excepto en los tiempos de vacaciones), en Mexicali existe una marcada diferencia entre las temperaturas de verano y las de invierno, llegando a haber una diferencia en las temperaturas de hasta 35°C o más entre una estación y otra, lográndose a alcanzar temperaturas de 50°C en los meses de julio y agosto.

En la temporada cálida del año se consume una mayor cantidad de bebidas refrescantes y agua embotellada, lo que implica una mayor generación de residuos de los envases que los contienen. Por otro lado, la poda de árboles y pasto es más intensiva durante los meses de mayo a agosto, lo que representa una mayor generación de residuos provenientes de jardines. Se cree que, de realizarse el muestreo en otra época del año, las proporciones de los residuos cambiarán, por lo que si se desea conocer el comportamiento de cada una de las categorías a lo largo del año al menos deberá realizarse un muestreo en cada época. El estudio que aquí se reporta se realizó en el mes de octubre, por lo tanto, los resultados de la caracterización son válidos solamente para el tiempo en que fue hecho el estudio o para los meses en los que las condiciones climáticas son similares.

Por último, en lo referente a la toma de la muestra, una manera más sencilla habría sido mediante el método del cuarteo propuesto por la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985 (SECOFI, 1985). La metodología propuesta por esta norma consiste en tomar para su análisis del sitio de disposición de residuos, la cuarta parte de los residuos producidos en un día. Si se hubiera hecho de esta manera, se tendrían que haber abierto todas las bolsas con residuos, homogeneizar la muestra con palas y de ahí tomar la muestra y trasladarla al sitio de análisis de las mismas, o bien, trabajarla en el sitio de disposición final, lo cual a su vez hubiera implicado problemas para el análisis de las muestras ya que ese sitio no cuenta con las facilidades para el análisis. Sin embargo, el método del cuarteo hubiera asegurado que la totalidad de los residuos producidos en un día

podrían haber sido muestreados. Por ende, se recomienda usar este método para estudios de caracterización en el resto de los Campus de la UABC.

CONCLUSIONES

- La generación diaria de residuos sólidos del campus Mexicali I de la UABC es de una tonelada.
- Los residuos de la UABC presentan un gran potencial de aprovechamiento. La mayor proporción de los residuos se encuentra dentro de las categorías reciclable y potencialmente reciclable las cuales, en conjunto, representan el:
 - 55% para el caso de edificios,
 - 88% para el caso de jardines y
 - 85% para el caso del centro comunitario.
- El mercado local de los reciclables puede absorber la porción de los residuos catalogados como reciclables.
- La porción en la categoría de potencialmente reciclables podría tener una salida diferente a la disposición en rellenos sanitarios, se discutió la posibilidad de la entrega de residuos de alimentos a criadores de ganado y la de elaboración de composta con el resto de los residuos orgánicos.
- Deberán usarse diferentes estrategias de separación en cada zona generadora para optimizar la separación de reciclables.

REFERENCIAS

- Brown University. (2004). Brown Recycling Program. Brown is Green. http://www.brown.edu/Departments/Brown_Is_Green/waste/recysum.html Fecha de consulta: 4/Mayo/2006
- Buenrostro-Delgado, O. (2001). Los Residuos Sólidos Municipales: perspectivas desde la investigación multidisciplinaria. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
- Culler, W. W. (2003). State Agencies, Colleges and Universities Waste Reduction, Recycling and Buy Recycled. Fiscal Year 2002 Annual Report. S.C. Department of Health and Environmental Control. Office of Solid Waste Reduction and Recycling. South Carolina, USA.
- CURC, College and University Recycling Council. (2001). <http://www.nrc-recycle.org/councils/CURC/default.htm>. Fecha de consulta: 10/Abril/2005
- KPPC, Kentucky Pollution Prevention Center. (2004). <http://www.kppc.org/spotlight/universities.cfm#1>. Fecha de consulta: 12/Marzo/2005

- 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.
- Mbuligwe, S. E. (2002). Institutional solid waste management practices in developing countries: a case study of three academia institutions in Tanzania. *Resources, Conservation and Recycling* 35 (3): 131-146.
- INE, Instituto Nacional de Ecología. (1999). Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.
- N.C. Project Green. (2004). Appalachian State University Environmental Sustainability Report. <http://www.p2pays.org/ref/07/06568/2001/nframe.asp?page=UNV-AppStatehome.htm>. Fecha de consulta: 10/Abril/2005
- Ojeda-Benítez, S., Armijo de Vega, C. y Ramírez-Barreto, M. E. (2000). The potential for Recycling Household Waste: A Case Study from Mexicali, Mexico. *Environment and Urbanization*, 12 (2): 163-173.
- REMP. (2003). Resource and Environmental Management Program. Ithaca College, USA. <http://www.ithaca.edu/rempl/>. Fecha de consulta: 20/Mayo/2006.
- Sánchez-Yáñez, J.M., Carrillo-Amezcuca J.C., Manzo Z. F. y Leal-Lozano L. (2005). Una propuesta de gestión integral de residuos sólidos en el campus de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. <http://www.monografias.com/trabajos33/gestion-residuos/gestion-residuos.shtml>. Fecha de consulta: 15/Septiembre/2006.
- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). (1985). Relación de Normas Oficiales Mexicanas Aprobadas por el Comité de protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. México.
- SEMARNAT (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. 8 de octubre de 2003. México.
- Shah, K.L. (2000). Basics of Solid and Hazardous Waste Management Technology. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Strange, K. (2002). Overview of Waste Management Options: Their Efficacy and Acceptability. En: *Environmental and Health Impact of Solid Waste Management Activities*, 1-52. R.E. Hester y R.M. Harrison (Editores). Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Cambridge.
- UF (University of Florida) Sustainability Task Force. (2002). Final Report. UF Office of Sustainability., USA. www.sustainable.ufl.edu. Fecha de consulta: 22/Mayo/2006.
- WWF. (1991). Getting at the source: Strategies for reducing municipal solid waste. Island Press, Washington, D.C.

Este documento se debe citar como:

Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., Ramírez-Barreto, E. y Quintanilla-Montoya, A. (2006). **Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California**. *Ingeniería*, Revista Académica de la FI-UADY, 10-3, pp.13-21, ISSN: 1665-529X