

Plan de manejo de residuos sólidos generados en la Universidad Tecnológica de Salamanca

Caso de estudio

Oscar Vargas, Erika Alvarado, Carlos López, Vicente Cisneros

Universidad Tecnológica de Salamanca

Salamanca, Gto., México

erika.yualma@gmail.com, [ovargas, clopezortiz, vcisneros]@utsalamanca.edu.mx

Abstract— This study identifies essential elements of a comprehensive management plan for Municipal Solid Waste (MSW) from environmentally friendly way to Universidad Tecnológica de Salamanca (UTS), in order to submit proposals that contribute to sustainable development of the institution. The aim was to quantify the MSW generated in the UTS, classify them, and establish their disposal treatment or confinement. It was determined that the UTS has a per capita generation of 0.0392 kg / person / day of waste, paper generation are 0.0171 kg / person / day. The 71.635% of the total residue in the UTS is susceptible to the process of composting, 25.833% is recyclable and only 2.532% is waste that would go to landfill.

Keyword— *Characterization of waste, recycling, solid waste, per capita, Universidad Tecnología de Salamanca.*

Resumen— El presente estudio identifica elementos esenciales de un plan de manejo integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de forma amigable con el ambiente para la Universidad Tecnológica de Salamanca (UTS), con la finalidad de presentar propuestas que contribuyan al desarrollo sustentable de la Institución. El objetivo fue cuantificar los RSU generados en la UTS así como clasificarlos y establecer su disposición final de tratamiento o confinamiento. Se determinó que la UTS tiene una generación per cápita de 0.0392 kg/persona/día de residuos, en la generación de papel se tienen 0.0171 kg/persona/día. El 71.635% del residuo total en la UTS es susceptible al proceso de composteo, 25.833% es material reciclable y únicamente 2.532% es residuo que se destinaría a relleno sanitario.

Palabras claves— *Caracterización de residuos, reciclaje, residuos sólidos urbanos, per cápita, Universidad Tecnología de Salamanca.*

I. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son el subproducto de la actividad del hombre y se han producido desde los inicios de la humanidad. Cada día aumentan en cantidad y variedad como consecuencia del incremento de la población humana y del desarrollo tecnológico e industrial. Su disposición final incorrecta ha ocasionado grandes problemas al ambiente, contaminando agua, aire y suelo. Los residuos sólidos urbanos (RSU) comprenden todo material desechado por la población; pueden ser de origen doméstico, comercial, industrial, desechos de la vía pública y resultante de la construcción [1]. 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 disminuyen el volumen y la cantidad de los desperdicios que son enviados a disposición final, lo cual resulta de beneficio para el medio ambiente [2].

Actualmente los problemas ambientales son diversos, destacan la producción de residuos peligrosos y no peligrosos, la contaminación del agua, suelo, el excesivo uso de energía eléctrica y la contaminación visual. Todos estos problemas afectan de forma directa e indirecta las condiciones de vida, con repercusiones importantes y de efectos mundiales. Ante esta problemática la educación ambiental se presenta como eje central para abordar estrategias encaminadas a concientizar a la población y estimular la participación de los diferentes sectores sociales en la implementación de soluciones viables y acordes a cada realidad específica [3].

Los planes de manejo ambiental permiten identificar, valorar, prevenir, corregir, mitigar o compensar los impactos ambientales negativos y potenciar los positivos, derivados de la operación y el mantenimiento de los centros productivos, de esta forma, constituyen una importante herramienta para el cumplimiento de la normatividad correspondiente. Por otro lado la implementación de un plan de manejo ambiental integral (PMAI) involucra actividades correctivas y preventivas para el manejo integral de residuos (peligrosos y no peligrosos), el manejo eficiente de agua energía, riesgo y seguridad, entorno natural y educación ambiental. Un sector importante para implementar los PMAI, es el académico; las instituciones educativas, deben adoptar sistemas de manejo ambiental y darles seguimiento para que estos tengan éxito en las medidas de corrección y prevención, además se espera que en el proceso de formulación y ejecución se involucren a las estudiantes como parte del proceso de enseñanza [4].

Las Universidades son generadores de residuos, principalmente sólidos urbanos y de manejo especial en el caso de los laboratorios; por lo que se debe contar con un plan integral de manejo de residuos. En años recientes se han realizado diversos estudios sobre la generación y el reciclaje de residuos por Universidades de todo el mundo [5] [6], en la mayoría, la principal estrategia de reducción consiste en la utilización del papel por ambos lados y la donación de muebles y equipos de cómputo a Instituciones de educación básica [7] [8], en cuanto al reciclaje de residuos orgánicos, el 75 % de las principales Universidades de Estados Unidos de América recicla los residuos de jardinería y el 45 % los residuos de alimentos a través del composteo [6].

En las Instituciones de Educación Superior (IES) Mexicanas, se ha trabajado desde programas de educación ambiental hasta el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos. La Universidad Autónoma de San Luis Potosí, cuenta con el proyecto análisis del manejo de residuos sólidos y de manejo especial en la Universidad [9], la Fundación Universidad Tecnológica Regional Mendoza elaboró el proyecto diseño de un sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos para el área Metropolitana Mendoza, en el cual se analizaron las áreas cercanas a la Universidad en la generación de residuos; el Instituto Tecnológico Superior de Chapala desarrollo el Procedimiento de Control de Residuos Sólidos Urbanos para el cumplimiento de la ISO 14001:2004; la Universidad Autónoma de Nuevo León tiene el Programa de Separación y Reciclaje de Residuos (PROSER) para una mejor gestión de los residuos; y la Universidad Lasallista realizó el programa de Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista con buenos resultados al lograr disminuir la generación de residuos [10] [11]. Los estudios más relevantes son los llevados a cabo por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) [12], la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), en la implementación de un plan de manejo de residuos realizado en CINVESTAV-Mérida, se ha logrado reducir en un 67% el volumen de residuos a través del programa [13], estos estudios coinciden en que los residuos generados por instituciones educativas contienen un alto porcentaje de materiales reciclables, superior al 60 % y dan testimonio del importante impacto que este tipo de programas puede llegar a tener.

Los indicadores ambientales proyectan la creciente generación de residuos, por los diferentes actores de la sociedad, lo que produce serios impactos al medio ambiente, principalmente degradación de suelo, contaminación atmosférica y del agua [14]. El objetivo del presente estudio fue analizar la situación del manejo de residuos sólidos en la Universidad Tecnológica de Salamanca (UTS), para reducir la cantidad de residuos generados, promoviendo su manejo integral, a través de una adecuada separación, clasificación y disposición final, así como, su caracterización y cuantificación con la finalidad de presentar propuestas de mejora para la Institución.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La Universidad Tecnológica de Salamanca, forma parte del Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, actualmente ofrece seis programas educativos de Técnico Superior Universitario y cinco de Ingenierías, todos ellos bajo el enfoque por competencias profesionales. La UTS cuenta por el momento con un edificio de docencia (A), dos edificios de laboratorios de siete entre ejes, uno de éstos está habilitado con aulas y alberga la cafetería y un laboratorio de Química (B) y en el segundo se encuentran los talleres de Mecatrónica y Procesos Industriales (C), el cuarto edificio, es el centro de información y consulta (CIC) donde también se llevan a cabo procesos administrativos de vinculación y se encuentra el área médica. En la Figura 1 se muestra la representación de la distribución de las áreas de la Universidad, el diseño fue realizado mediante el programa Google Sketchup, el cual permitió combinar y modelar de diversas formas hasta obtener los diseños de la Universidad en general y por cada uno de los edificios.



Figura 1. Representación de los edificios de la Universidad Tecnológica de Salamanca.

La generación de residuos sólidos urbanos en la Universidad Tecnológica de Salamanca se determinó en base a la Norma Mexicana NMX-AA-061-1985, donde se especifica el uso del método del cuarteo, para posteriormente separarlos y pesarlos en base al formulario propuesto en la NMX-AA-022-1985. El estudio consistió de tres etapas: A) identificar y estimar la generación de residuos sólidos (generación per-cápita), B) caracterización de la muestra y, C) captura y análisis de datos.

Para obtener datos sobre consumo, generación y manejo de RSU, se aplicó la encuesta a la población de estudiantes, personal académico y administrativo, la aplicación de encuestas se basó en las estrategias aplicadas por [15], en la que destaca la aplicación de encuestas a la población estudiantil dentro de Instituciones de Educación Superior (IES) para conocer la información que se tienen sobre los RSU, tomando como referencia las normas oficiales y la legislación vigente para el manejo de residuos sólidos. Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la Ecuación (1) que corresponde al modelo de muestreo aleatorio simple [16].

$$n = \frac{NZ^2_{\alpha/2}pq}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}pq} \quad (1)$$

A. *Generación per-cápita.*

Para la obtención de la generación per cápita, se utilizó como referencia la NMX-AA-061-1985. La muestra se tomó de puntos de generación diferentes como aulas, cubículos de docentes y administrativos, pasillos, cafetería, centros de cómputo, biblioteca y sanitarios. El primer día, se realizó la operación de limpieza, recolectando los residuos acumulados con anterioridad, se colocaron nuevas bolsas identificadas con la fecha y una letra de referencia para almacenar los residuos generados a lo largo del día. A partir del segundo día, se recolectaron las bolsas identificadas y se entregaron nuevas bolsas también identificadas, esta dinámica se realizó por siete días (durante 25 días de muestreo).

Los residuos entregados fueron pesados y registrados individualmente en un formato que contenía datos generales del edificio correspondiente, número de salones, cubículos y población. Se realizó el análisis de los resultados de generación de RSU, el peso obtenido en cada edificio se dividió entre el número de habitantes del mismo para obtener los datos de generación per cápita por día. Se obtuvo un promedio de generación diaria, y un promedio de generación por edificio y total de la UTS, también se calculó la desviación estándar, así como la media, mediana y moda.

El peso de cada categoría de residuos fue registrado y clasificado en residuos de papel, cartón, plásticos, residuos orgánicos, vidrio, residuos sanitarios, residuos peligrosos entre otros, cada una con subcategorías. La Ecuación (2) se utilizó para determinar el porcentaje en peso empleado para cada una de las subcategorías.

$$P_s = \left(\frac{PL}{PT} \right) \times 100 \quad (2)$$

Donde:

P_s = Porcentaje de la subcategoría

PL = Cantidad de la subcategoría en kilogramos

PT = Peso total de la muestra en kilogramos

B. *Método del cuarteo*

Para la cuantificación de los residuos sólidos se siguió la metodología de la NMX-AA-015-1985. Se recolectaron los residuos generados por los cuatro edificios, los residuos recolectados en las bolsas fueron pesados con una báscula electrónica fija con capacidad de 100 kg. El método de cuarteo sólo se realizó con residuos que no incluyeron los higiénicos, ya que estos se contabilizaron de manera individual. El área para la realización del cuarteo se determinó de acuerdo a la cantidad de residuos totales generados en la Universidad, en base al peso registrado.

De la muestra se seleccionaron los subproductos y se pesaron por separado, se calculó la fracción en peso que cada uno y se determinó la cantidad subproducto. La selección de los subproductos se realizó en base a las categorías consideradas por el Collage and University Recycling Council (CURC), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla I. Categorías para determinar la composición de los RSU

| Reciclables orgánicos | |
|--------------------------------|--|
| Residuos alimenticios | Cualquier tipo de residuo de alimento |
| Papel y cartón | Papel blanco, de color, periódico, revistas, cartón |
| Otros orgánicos | Pasto, hojas, ramas de árboles |
| Reciclables inorgánicos | |
| Plástico | PET, resto de plástico y bolsas de plástico |
| Vidrio | Botellas transparentes, botellas verdes y botellas ámbar |
| Metales | Latas de aluminio y metal diverso |
| Otros inorgánicos | Material de construcción |
| No reciclables | |
| Construcción/demolición | Grava, arena, rocas, madera |
| Peligrosos | Limpiadores, baterías, reactivos, insecticidas |
| Otros | Residuos sanitarios |

Collage and University Recycling Council [17].

C. Acopio y venta de los Residuos Sólidos Urbanos

La Universidad Tecnológica de Salamanca autorizó la recolección, el acopio provisional y la venta de los residuos, para obtener un incentivo económico para el seguimiento del proyecto. La recolección de cartón, papel, latas de aluminio y PET se dio seguimiento durante el cuatrimestre Mayo – Agosto de 2013 y se realiza de manera continua hasta la fecha.

III. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las etapas experimentales del proyecto de Plan de Manejo de Residuos Sólidos en la Universidad Tecnológica de Salamanca. Al analizar la información se encontró que los principales residuos generados en la UTS son: residuos alimenticios, papel, cartón, PET y residuos de jardinería, por lo que es necesario llevar a cabo estrategias para la minimización de tales residuos, la separación y el reciclaje. El peso total estimado muestra que se generaron 693.35 kg de residuos, en la Tabla 2 se observa la composición y los porcentajes de los RSU generados en la UTS. Con base en la categoría para determinar la composición de residuos sólidos urbanos mostrada en la Tabla 1, un gran porcentaje de los residuos generados pueden ser reciclados o tienen un elevado potencial de reciclaje.

Tabla II. Composición porcentual de los residuos sólidos generados en la UTS

| Categorías de residuos | kg | % |
|-------------------------------|---------------|---------------|
| Residuos alimenticios | 481.48 | 69.443 |
| Papel | 122.65 | 17.689 |
| Cartón | 32.55 | 4.695 |
| PET | 18.40 | 2.654 |
| Residuos de jardinería | 15.2 | 2.192 |
| Plástico | 5.91 | 0.852 |
| Latas de aluminio | 5.47 | 0.789 |
| Madera | 4.83 | 0.697 |
| Algodón | 4.00 | 0.577 |
| Bolsa aluminizada | 1.34 | 0.193 |
| Cartón encerado | 0.64 | 0.092 |
| Material Ferroso | 0.50 | 0.072 |
| RPBI | 0.18 | 0.026 |
| Unicel | 0.16 | 0.023 |
| Vidrio Transparente | 0.04 | 0.006 |
| Total | 693.35 | 100.00 |

A partir de los resultados obtenidos, se determinó que el 71.635% del residuo total en la UTS es susceptible al proceso de composteo, 25.833% es material reciclable y únicamente 2.532% es residuo que se destinaría a relleno sanitario. Se detectaron varias oportunidades en cuanto al reciclaje, debido a que los residuos de mayor generación y por lo tanto de mayor impacto ambiental son potencialmente recuperables, como son los residuos alimenticios, residuos de jardinería, papel, cartón y PET, que en conjunto representaron el 96.673 % de los residuos generados en la UTS. En la Figura 2 se muestran los porcentajes de la categoría de residuos que son reciclados, con potencial de reciclaje y los no reciclables. Como se puede apreciar el 72% son residuos con potencial a ser reciclados en la Institución (Residuos alimenticios, plástico, uncel, vidrio transparente y residuos de jardinería), el 26% son residuos que actualmente son reciclados (Papel, cartón, PET y latas de aluminio) y solo el 2% de los residuos no se aptos para ser reciclados (Madera, algodón, bolsa aluminizada, cartón encerado, RPBI, material ferroso).

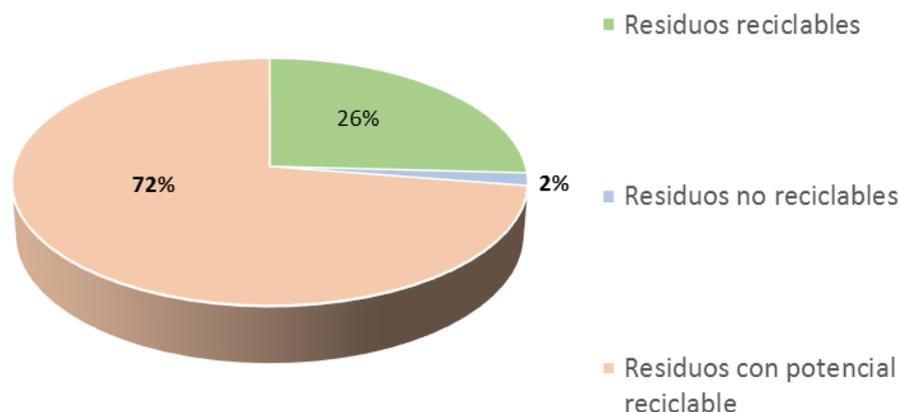


Figura 2. Porcentajes de residuos en categoría de reciclaje.

La generación per cápita determinada se muestra en la Figura 3, el edificio donde se localiza la biblioteca (CIC) es donde se presentó mayor generación, correspondiente a 0.1875 kg/persona, mientras que en edificio B la mayor generación de residuos es de papel higiénico, este último dato presenta este incremento, debido a que en este edificio se encuentran los sanitarios y la cafetería.

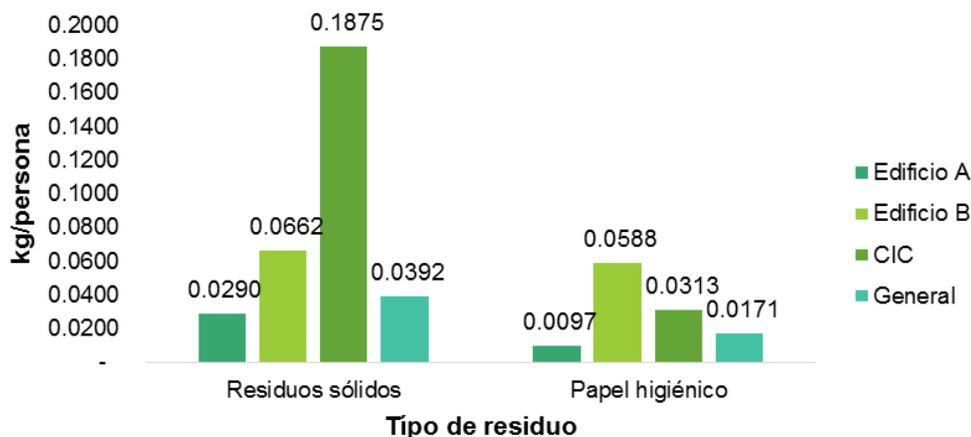


Figura 3. Generación per cápita de residuos sólidos y papel higiénico.

El registro de la recolección de papel, cartón y PET se realizó a partir del inicio del estudio, en la Tabla 3 se observa la distribución de la venta de los residuos reciclables durante el funcionamiento del

programa, siendo el papel el que registró mayor cantidad y ganancia. El porcentaje de cada uno de los residuos reciclables que se vendieron se muestra en la Figura 4.

Tabla I. Residuos reciclables y valor de venta en la UTS

| Residuo | kg | Precio de venta (\$, MXN) |
|--------------|------------|---------------------------|
| Papel | 137 | 150.7 |
| Cartón | 82.5 | 66 |
| PET | 53 | 159 |
| Total | 241 | 375.7 |

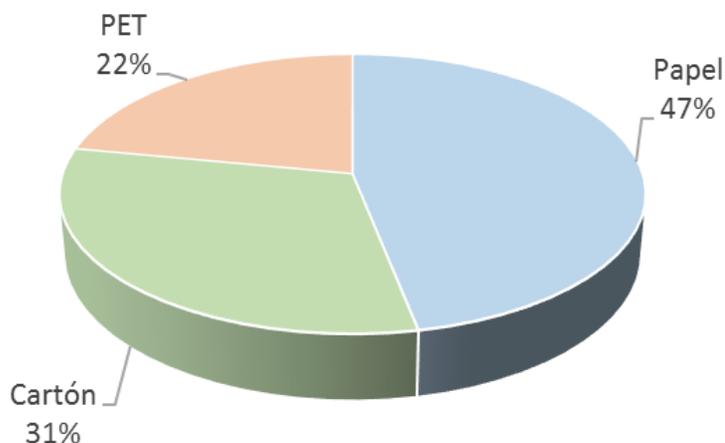


Figura 4. Distribución de los residuos reciclables en UTS.

IV. CONCLUSIONES

En base a los resultados, se determinó el tipo de residuos que más se genera por rubro y en conjunto, las cantidades y porcentajes de cada uno de ellos, así como, la generación per cápita de los RSU. Con esta información se logró establecer cuales residuos serían prioritarios para aplicar acciones de reducción, reciclado y/o tratamiento, e identificar los residuos peligrosos o de manejo especial que se generan.

Los residuos que se detectaron como prioridad, debido a su mayor generación en peso, fue la materia orgánica, papel, papel sanitario y cartuchos de impresora como de manejo especial. Éste último no puede ser reciclado, pues se le debe dar el tratamiento adecuado y puede lograrse entregándolo a empresas especializadas, sin embargo, pueden ser reutilizados. El papel sanitario tampoco puede ser reciclado, ya que puede transmitir agentes biológico-infecciosos de los usuarios por lo que no sería seguro depositarlos en los rellenos sanitarios puesto que se mezclaría con los lixiviados contaminando agua, suelo y aire, como sugerencia, pueden ser llevado a una incineradora que reúna las características necesarias para generar la mínima contaminación posible.

En el edificio A en el turno matutino la mayor cantidad de residuos que se generó fue de 13 kg/día y la generación per cápita de 0.0276 kg/persona/día, en el turno vespertino la mayor generación fue de 13 kg/día y la generación per cápita de 0.1101 kg/persona/día. La mayor generación en el turno matutino

del edificio B fue de 8.5 kg/día y la generación per cápita de 0.0898 kg/persona/día, en el turno vespertino la mayor generación de residuos fue de 6 kg/ día y generación per cápita de 0.1563 kg/persona/día; en el CIC la mayor cantidad de residuos que se genero fue de 4 kg/día, en promedio la generación per cápita es de 0.2155 kg/persona/día. En general la UTS tiene una generación per cápita de 0.0392 kg/persona/día de residuos inorgánicos sin tomar en cuenta el papel, en la generación de papel se tienen 0.0171 kg/persona/día.

En la Universidad Tecnológica de Salamanca los residuos de jardinería se generan cada dos semanas en promedio, cuando se realiza la poda, son recolectados y depositados en bolsas, los residuos orgánicos procedentes de la cafetería, son generados en su mayoría durante la mañana por la preparación de los alimentos que son consumidos por la comunidad universitaria y son depositados junto con los demás residuos en los mismos contenedores. Debido a lo anterior los residuos orgánicos del área del comedor y de jardinería se proponen utilizar en la elaboración de composta en apoyo a programas de reforestación y mantenimiento de las áreas verdes.

En cuanto a los residuos peligrosos generados en los laboratorios de la UTS, se requiere un almacén temporal con la finalidad de disminuir cualquier tipo de riesgo de exposición y del cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, previo al confinamiento final.

Es necesario que el plan de manejo inicie con el programa de separación de residuos sólidos, ya que se observó que todos los residuos que se generan en la UTS, se depositan mezclados, lo que implica un riesgo a la salud de la población universitaria. Para la implementación del plan de manejo integral de residuos sólidos, se requiere la conformación de comités para proponer e implementar conforme a la normatividad aplicable, así como realizar campañas de difusión y educación ambiental, y el seguimiento y evaluación del mismo.

Con este proyecto se permitirá dar a conocer al personal que labora y estudiantes de la Universidad Tecnológica de Salamanca los problemas ambientales en cuestión de residuos sólidos y dar continuidad con la implementación del plan de manejo de residuos sólidos, que permita solucionar los problemas y que en un futuro sirva como modelo a seguir por otras instituciones.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece al Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el tipo Superior (PRODEP) por el financiamiento para el desarrollo del proyecto, así como la beca de estudios otorgada a Erika Yuliana Alvarado Macías.

REFERENCIAS

- [1] Castrillón, Q. O., Puerta, E.S. (2004). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la corporación universitaria lasallista. *Revista Lasallista de Investigación*. 1, 15-21. Colombia.
- [2] Rosales, F. M., Saldaña, D. C., Toledo, R. V., Maldonado, L. (2013). Caracterización y potencial del reciclado de los residuos sólidos urbanos generados en el Instituto Tecnológico de Tepic, una institución de educación superior. *Biociencias*. 2(3): 216-223. México.
- [3] Macedo, A. B., Ortíz, H. M., Sánchez, S. E. (2008). Plan de manejo ambiental integral para instituciones de nivel medio superior. México.
- [4] Cortinas, C. (2002). Manuales para regular los residuos con sentido común, contaminación por residuos, prevención y remediación. Manual 2, cámara de diputados del H. congreso de la unión, México D.F.
- [5] Espinosa, R. M., Turpin, S., Polanco, G., De la Torre, A., Delfín, I y Raygoza, I. (2008). Integral urban solid waste management program in a Mexican university. *Waste Manag*. 28, S27-S32

- [6] Fournier, M. (2008). Recycle This! A look at Campus Recycling Programs. *The Green Campus: Meeting the Challenge of Environmental Sustainability*. (W. Simpson Ed.). APPA. Alexandria, Virginia, EUA. 191- 206.
- [7] Atherton, A. y Giurco, D. (2011). Campus sustainability: climate change, transport and paper reduction. *Int. J. Sustain. High Educ.* 12, 269-279.
- [8] Goral T. (2009). E-cycle, Reboot, Reuse. *Univ. Bus.* 12, 39-39.
- [9] Medellín, P., Nieto, L y Urizar, M. (2004). Sistema de Manejo Ambiental de la UASLP. Memorias del 1er Foro Nacional sobre la Incorporación de la Perspectiva Ambiental en la Formación Técnica y Profesional.
- [10] Cabrera, N. J. (2008). Prospección de la generación de residuos sólidos urbanos en la Universidad Veracruzana, región Xalapa. México.
- [11] Carrillo, M. N. (2007). Análisis de los residuos sólidos generados en áreas administrativas, académicas, bibliotecas y cómputos, de ciudad Universitaria en la UMSNH, Michoacán, México.
- [12] Alcántara, V., Cruz, I. y Santos, E. (2005). Caracterización y cuantificación de los residuos sólidos en ciudad universitaria. Memorias. Congreso Interamericano de Residuos. 1-88.
- [13] Armijo, C., Ojeda, S., y Ramírez, M.E. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste. Manag.* 28, S21-S26.
- [14] Ferrrando, M. (2007). Gestión y Minimización de Residuos. España. FC. Editorial.
- [15] Gámez, A. (2004). Modelo para la creación de un centro de procesamientos de residuos sólidos universitarios. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- [16] Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (1985), Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación. NMX-AA-061-1985, 3-16. México: Dirección General de Normas.
- [17] CURC, College and University Recycling Council. (2011). Disponible en: Maldonado, L. Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso. *Ingeniería* 2006; 10:59-68.