

Aplicación de una metodología para el diagnóstico de residuos sólidos en la Universidad Politécnica de Puebla

Juan Carlos Velázquez Aradillas, Luis Manuel Flores Ordeñana
Departamento de Biotecnología. Universidad Politécnica de Puebla, Tercer Carril del Ejido "Serrano" S/N San Mateo Cuanalá. Juan C. Bonilla, Puebla, Pue.
e-mail: jcarlos_j72@hotmail.com

Resumen

Los estudios de gestión de los residuos sólidos urbanos (GRSU) proporcionan una herramienta importante para su aprovechamiento integral, a través de la toma de decisiones para la planeación de las operaciones claves como la recolección, almacenamiento temporal, reciclado y disposición final. La base principal de la GRSU es la clasificación de los residuos por tipo y peso volumétrico, así como la identificación de aquellos residuos con potencial de venta y/o reciclamiento, y la obtención de la tasa de generación per cápita. El presente trabajo muestra la composición y caracterización de los residuos sólidos generados en la Universidad Politécnica de Puebla, utilizando como procedimiento el descrito por la Norma Oficial Mexicana vigente.

1 Introducción

En México los residuos se disponen en tiraderos controlados, sitios clandestinos o rellenos sanitarios. Esta última práctica es muy utilizada. Se calcula que un 60% de los residuos sólidos generados son confinados de esta manera, cantidad equivalente a 35 millones de toneladas anuales [1].

Debido al crecimiento poblacional y a un incremento favorable en las condiciones económicas en la mayor parte de la población en México, se han generado cambios en los patrones de consumo en la población. Esto tuvo como consecuencia un aumento en el índice de generación per cápita de residuos (IGPC) [2]. El IGPC especifica la cantidad de residuos generados por persona por día (kg/persona/día) y es variable, pudiendo ser del orden de 200 a 500 g en algunas zonas rurales, hasta más de 1000 g en zonas urbanas. Para la ciudad de Puebla, el índice per cápita se ha incrementado en los últimos 15 años. Según un estudio de predicción, para el 2010 el IGPC para dicha ciudad se incrementó a 1.27 kg/habitante/día, ligeramente inferior al predicho para la región centro

del país, de 1.40 kg/hab/día [3]. Las causas posibles son el aumento en la tasa de crecimiento poblacional y un incremento en el poder adquisitivo.

México enfrenta actualmente problemas en la disposición de los residuos sólidos municipales. Esto se debe a una insuficiente gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU), debido a varios factores: una deficiente o nula separación en el origen, carencia de programas permanentes de concientización ambiental en la población, disposición de residuos en tiraderos clandestinos y generación de lixiviados, lo cual impacta directamente al manto acuífero [4,5].

De acuerdo con la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGRI), un programa adecuado de gestión de los RSU debe fundamentarse en los estudios de generación. Los resultados son particulares de un sitio determinado, tal como una institución, un municipio, ciudad o país [6]. La utilidad de estos estudios es que se obtiene la generación per cápita y la caracterización de los residuos presentes en el flujo de materiales.

De acuerdo con esta ley [7] se clasifica como un gran generador a toda organización que genere más de 10 toneladas de residuos al año. De acuerdo a esta ley, aquellas instituciones que sean clasificadas en esta categoría están obligadas a contar con planes de manejo, los cuales deberán elaborarse con base en un diagnóstico básico de sus residuos. De ahí la importancia de disponer de un estudio que proporcionase la información necesaria para la toma de decisiones respecto del tema en la Universidad Politécnica de Puebla.

La normatividad mexicana [8] proporciona la metodología para la estimación de los residuos sólidos municipales, por medio de la realización de un muestreo estadístico aleatorio de los residuos generados de casas-habitación. En el caso de la determinación en ciudades, la heterogeneidad en el tipo de residuo generado es elevada, debido a la existencia de diferentes niveles socioeconómicos en la población,

lo cual influye sobre los patrones de consumo, Por todo esto, se realiza un muestreo estratificado.

Entre las ventajas de la implementación de un plan de gestión de RSU generados en una institución, es la reducción hasta en un 67% en el aporte de residuos destinados al relleno sanitario [5]. Esto requiere la implementación de un programa de minimización, consistente en la separación de subproductos para su reciclaje y venta.

El presente estudio muestra la aplicación de la metodología de dicha norma adaptándose a las características existentes en la Universidad Politécnica de Puebla, institución educativa del gobierno del Estado de Puebla.

2 Metodología

Con el fin de obtener resultados confiables en el trabajo, se eligió el mes de noviembre del 2011, durante una semana normal de actividades, después de la festividad del día de muertos, para dar oportunidad a obtener muestras de residuos representativas de las actividades diarias en la Universidad.

Para llevar a cabo el estudio de generación de residuos sólidos se utilizó la metodología propuesta en [8]. Los residuos generados en la institución fueron recolectados utilizando bolsas negras de polietileno, de dimensiones 1.2 x 0.9 m previamente etiquetadas. Los sitios de recolección fueron clasificados de la siguiente manera: Edificio D1, Edificio D2, Cafetería, Laboratorio y Edificio de usos múltiples.

Los residuos generados fueron pesados diariamente y almacenados en forma temporal, durante un período de 7 días, contabilizando el día sábado, debido a las actividades estudiantiles en talleres y en posgrado. En el día 8, se mezclaron los residuos en un solo apilamiento para luego homogeneizarlos por medio de palas. De acuerdo al método de cuarteo propuesto por normatividad mexicana [8,9] se tomó una submuestra a la que se le determinó el peso volumétrico utilizando un recipiente de 200 litros. Para la caracterización se utilizó como base la lista de materiales propuesta por la normatividad, partiendo de una submuestra de 50 kg obtenida del cuarteo [10].

El IGPC fue obtenido a partir de la fórmula 1:

$$\text{IGPC} = \text{Pd}/\text{N} \dots(1)$$

Donde

G = Generación de residuos, kg/día-persona

Pd = producción diaria, kg/día

N = Número de personas en la institución.

3 Resultados y discusión

3.1 Residuos generados por día por área de trabajo

Los resultados obtenidos permiten identificar los sitios donde se generan la mayor cantidad de residuos. Los edificios de docencia 1, 2 y los laboratorios son los sitios de mayor actividad con elevada afluencia de estudiantes y personal docente y administrativo durante la semana laboral. Los residuos orgánicos fueron contabilizados como parte de los residuos producidos por la cafetería. Se observó que éstos no son desechados en los contenedores de almacenamiento con el resto de los residuos, sino que se destina para animales de granja. Sin embargo, se observó presencia de estos residuos en los contenedores de otros edificios, aunque en menor proporción.

Respecto a los residuos de jardinería, éstos son producidos debido a la poda del pasto, árboles ornamentales y arbustos en las áreas de estacionamiento y áreas verdes aledañas a los edificios. Éstos residuos, aunque son generados en grandes cantidades en la época de lluvias, se disponen en las áreas verdes a manera de cobertura natural, en donde por efecto de la acción biológica, se someten a una degradación incompleta.

3.2 Generación per cápita y peso volumétrico

De los datos del pesado realizados diariamente, se obtuvo una generación promedio de 0.05 ± 0.02 kg de residuos/ persona-día. El número de estudiantes y personal fue proporcionado por el Departamento de Servicios Escolares, con una población total de 1128 estudiantes inscritos, y un total de 200 profesores, personal administrativo y de intendencia. Para el día 2 se estimó una cantidad de personal total en la Universidad de 80 personas, por ser fin de semana. De esta manera, se obtuvo un indicativo de los residuos generados por edificio en base semanal (Tabla 1).

Como puede observarse, en algunos días no se obtuvo suficiente material recolectado por ser fin de semana (día 2). En el caso de la cafetería, los residuos del día 1 no fueron contabilizados normalizándose a partir del día 3. En otros casos, como los salones de usos múltiples, la generación no fue significativa. Esto es debido a que el edificio está dirigido a la actividad docente exclusivamente, a diferencia de los edificios D1 y D2, los cuales se ocupan también para actividades administrativas. Actualmente, el edificio alberga aulas para actividades docentes y de educación física, y como cafetería, por lo que puede esperarse una redistribución en el tipo de residuos generados por edificio.

Tabla 1 Generación de residuos por área de trabajo

Día	D1 (kg)	Lab (kg)	D2 (kg)	U.M. (kg)	Cft. (kg)	Tot. (kg)
1	38.7	20.5	26.1	2.4	NR	87.7
2	5.2	> 1	> 1	> 1	NR	5.2
3	22.8	5.7	9	> 1	2.3	39.8
4	25.3	38.8	22.8	> 1	6.1	93
5	17.7	17	15	9.5	3.9	63.1
6	11.7	8.1	4.6	> 1	15.4	39.8
7	20.2	1.9	8.6	> 1	10.6	41.3
Σ						369.9

D1=Edificio D1; Lab = Edificio de laboratorios; D2=Edificio D2; U.M.= Edificio de usos múltiples; Cft.=Cafetería. NR = No registrado.

El peso volumétrico de la mezcla de residuos fue de 50.1 kg/m^3 (Tabla 2). Este valor es similar al obtenido en un estudio similar realizado en las instalaciones del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) de Santiago Huajolotitlán, Oaxaca (44.9 kg/m^3) [11]. En función de la zona de estudio y del tipo de residuo generado, este valor puede cambiar. Por ejemplo, en los municipios de la costa de Chiapas, se reportan valores en un intervalo de entre 137.5 a 187.1 kg/m^3 , debido a la presencia de materia orgánica en porcentajes superiores al 45% en peso [12]. En este trabajo, la cantidad de materia orgánica recolectada fue mínima, como se muestra más adelante. Este dato sirve de referencia para la especificación del volumen de los contenedores de la institución. Dada la existencia de 4 contenedores de un volumen aproximado de 3 m^3 , se cuenta en la universidad con la capacidad real de almacenamiento de 150 kg por contenedor. Sin embargo, esta capacidad es apenas suficiente para la cantidad que se genera semanalmente.

Tabla 2. Obtención del peso volumétrico

Parámetro	Valor
Peso del tambor de 200 L (kg)	15.82
Peso del tambor con muestra (kg)	25.84
Volumen del tambor (m^3)	0.2
Peso volumétrico (kg/m^3)	50.1

3.3 Clasificación de residuos

En la Figura 1 se muestran la composición de los residuos sólidos urbanos generados en la Universidad Politécnica de Puebla, los cuales están constituidos principalmente por papel higiénico (19%) seguido del pterefalato de polietileno o PET (17.3%), el plástico (17%), cartón (16.7%), papel de oficina (16%) y residuos orgánicos (9%).

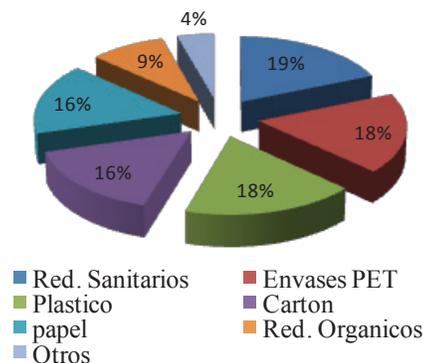


Figura 1 Composición de los residuos sólidos urbanos generados en la Universidad Politécnica de Puebla

En la Tabla 3 se observa en detalle el tipo de residuos sólido generado en la UP-Puebla. El residuo de papel higiénico es generado en gran cantidad y no tiene uso posterior, por lo que es desechado aparte para su recolección por el servicio municipal de limpia. De igual modo, los materiales plásticos, en su mayor parte procedentes de restos de paquetes de comida, dulces y otros consumibles, no son biodegradables por lo que son enviados al relleno sanitario.

Tabla 3 Tipo de residuo sólido generado en la UPP

Tipo de residuo	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Papel	7.75	15.48
Cartón	7.6	15.17
Plástico	8.54	17.05
Envases PET	8.7	17.37
Tetrapack	1.5	2.99
Residuos de alimentos	4.3	8.58
Papel sanitario	9	17.96
Ferrosos	0.06	0.11
Vidrio	0.36	0.72
Cartón de huevo	0.378	0.75
Gasas	0.04	0.08
Tela	0.16	0.32
Papel aluminio	0.04	0.079
Latas de aluminio	0.24	0.48
Cartón rígido	0.4	0.8
Hules	0.34	0.67

Los residuos con mayor potencial para su venta son el papel, cartón, y el pterefalato de polietileno (PET), existiendo un potencial de venta por compradores locales en el caso de los dos primeros casos. Para alcanzar dicho objetivo, se requiere del desarrollo de un programa de separación en el origen, partiendo de la

adquisición y utilización de contenedores proyectados para la recepción de estos residuos.

A pesar de este potencial, no debe descuidarse el aspecto de la disminución *in situ*. En el caso del papel de oficina, el manejo de documentos electrónicos, el reciclado y el control sobre su consumo son hábitos que ya están implementados en la institución. Es necesario implementar una campaña permanente de minimización a través de avisos en los sitios donde se genera este residuo, tal como en las copiadoras, oficinas y aulas.

Los residuos orgánicos consistieron principalmente en restos de comida, generados por el consumo de alimentos en otras áreas no pertenecientes a la cafetería de la escuela y que son dispuestas en los contenedores, y residuos vegetales como raíces u hojas (Tabla 4). De acuerdo con datos del personal de intendencia, el residuo de jardinería es producido en los trabajos de poda y desyerbado, mismos que se generan constantemente, y en particular en la época de lluvias. Dado el bajo porcentaje de generación de residuos orgánicos provenientes de la cafetería, no resulta factible su degradación en gran escala por composteo. Debe de mencionarse el caso particular de los residuos de jardinería. Éstos llegan a ser generados en cantidades superiores a los 90 kilogramos semanales, y son dispuestos en los patios sin darle ningún otro uso.

Tabla 4 Residuos orgánicos y de jardinería generados por día

Día	Residuos Orgánicos (kg)	Recortes de jardinería (kg)
1	3.4	18
2	NR	NR
3	4.5	19.2
4	5.7	18.4
5	4.6	17.4
6	5.1	19.2
7	4.9	NR
Total	28.2	92.2

NR = No reportados

El composteo de estos residuos ha sido objeto de estudio y se han obtenido buenos resultados al mezclarse con lodos residuales [13]. Debe de considerarse aspectos importantes como una C/N adecuada (30:1), un monitoreo constante en la humedad del residuo y una aireación adecuada, con el fin de garantizar una degradación rápida [14].

De acuerdo con este trabajo, la Universidad Politécnica de Puebla produce semanalmente 369 kg de residuos, sin contar los desperdicios orgánicos

(producidos en bajas cantidades) y de jardinería. Sobre una base mensual y considerando un número constante de alumnos y personal se generarían 1476 kg de residuos. Esta cantidad puede disminuir a un punto mínimo en los periodos vacacionales, y tener repuntes o picos máximos en los periodos de actividades extraescolares. Se espera, sin embargo, un aumento en la matrícula de alumnos, por lo que, a corto y mediano plazo, las cantidades aquí reportadas se incrementarán gradualmente.

Este estudio ofrece a nivel exploratorio una primera visión de las cantidades de residuos sólidos generadas en la Universidad. Actualmente se cuenta con dos nuevos edificios (LT2 y biblioteca). A la vez, se ha observado un aumento en la matrícula de alumnos aceptados. Todo esto hace ver la urgencia de la implementación de medidas conducentes a la gestión adecuada de los residuos generados en la institución.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Biotecnología en la recolección, muestreo y caracterización de los residuos, y al personal de intendencia a su cargo, como apoyo a las actividades de recolección y disposición final.

Bibliografía

- [1] Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Página Web: <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/sustentabilidad-ambiental/residuos-solidos-y-peligrosos.html>. Fecha de consulta: 05 de diciembre de 2011.
- [2] Buenrostro, O., Israde, I. (2003). La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 19(14): 161-167.
- [3] Instituto Nacional de Ecología (1997). Estadísticas e indicadores de inversión sobre residuos sólidos municipales en los principales centros urbanos de México. México.
- [4] Macedo-Miranda, M.G., Gómez-Beltrán, G., Barrientos-Becerra, B., Hernández Berriel, M.C., Morales Reyes, G.P. (2011). Perfil estratigráfico del suelo de dos sitios de disposición final de residuos sólidos y su influencia en la contaminación del suelo y agua subterránea. Hacia la sustentabilidad: residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. Pags, 316-320.
- [5] Maldonado, L. (2006). Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso. Ingeniería, 10-1: 59-68
- [6] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, 8 de octubre de 2003.
- [7] Diario Oficial de la Federación (1985). Norma Mexicana NMX-AA-61-1985, Protección al Ambiente-

- Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-
Determinación de la Generación.
- [8] Diario Oficial de la Federación (1985). Norma Mexicana NMX-AA-15-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Método de Cuarteo.
- [9] DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (1985). Norma Mexicana NMX-AA-19-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Peso Volumétrico "In Situ".
- [10] Diario Oficial de la Federación (1985). Norma Mexicana NMX-AA-22-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Selección y Cuantificación de Subproductos.
- [11] Cruz Quintero, B., M. Teutli, M.M., González A, M., Jiménez S, G., Ruiz T, A.C. Manejo de residuos sólidos en instituciones educativas. Página Web: http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/PA/EC/PAC-03.pdf. Fecha de consulta: 9 de noviembre de 2012.
- [12] Esquinca Cano, F., Escobar Villagrán, J.L., Hernández Lopez, A., Sanchez Lopez, G., Suárez Sanchez, H.D. Estudios de caracterización y generación de residuos sólidos municipales de 5 localidades de la costa del estado de Chiapas. Página web: <http://www.itescham.com/Syllabus/Doctos/r1352.PDF>. Fecha de consulta: 09 de noviembre de 2012.
- [13] Goldstein, N. (2010). Cocomposting a win for municipalities. *BioCycle*, 51(2): 22-23.
- [14] Diaz, L.F., de Bertoldi, M., Bidlingmaier, M., Stentiford, E. (2007). *Compost Science and Technology*. Elsevier Ltd.