

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y EL VALOR AGREGADO DE LOS MATERIALES RECUPERABLES EN EL VERTEDERO EL IZTETE, DE TEPIC-NAYARIT, MÉXICO

Claudia E. SALDAÑA DURÁN*, I. Paz HERNÁNDEZ ROSALES,
Sarah MESSINA FERNÁNDEZ y José A. PÉREZ PIMIENTA

Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo, Tepic, Nayarit, C.P. 63190

*Autora responsable; cesduran@uan.edu.mx

(Recibido agosto 2011, aceptado abril 2013)

Palabras clave: composición y clasificación de residuos, residuos domésticos, muestreo

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de contar con información específica que permitiera conocer el tipo y cantidad de residuos que se recolectan en el vertedero el Iztete, de Tepic-Nayarit. Se efectuó un estudio de cuantificación y caracterización física de los residuos sólidos urbanos (RSU). Entre los resultados obtenidos está la generación total diaria que asciende a alrededor de 414.5 ton por día (1.09 kg/ per cápita). El porcentaje de materia orgánica correspondió al de 37.56 %, el 30.81 % son materiales recuperables, que se separarían antes de entrar al proceso del relleno sanitario y el 31.63 % son los residuos que ya no es posible recuperar, por lo cual serían sepultados en el relleno. Los resultados indicaron que es factible reciclar plásticos, papel y cartón, aluminio, materia orgánica (como composta) y vidrio. Para ello se propone implementar un sistema de separación en el origen y una planta de recuperación y transformación de materiales. Este sistema de gestión permitiría desviar hasta un 68.37 % de los RSU, lo que implicaría una disminución de unos 283 mil dólares (USD) por año, en costos de operación del relleno y una significativa prolongación de su tiempo de vida útil. Además, se generarían hasta seis millones de USD por año, por la venta de los materiales reciclados. Por otra parte el desvío de una fracción importante de la materia orgánica y otros materiales, reduciría las emisiones contaminantes del relleno y brindaría composta para la regeneración y conservación de suelos de cultivo en la región.

Key words: waste composition and classification, household waste, sampling

ABSTRACT

This study was performed in order to have specific information that would enable to know the type and quantity of waste collected at the landfill "the Iztete", at Tepic city in Nayarit state, Mexico. A study of quantification and physical characterization of urban solid waste (USW) was carried out. The daily total generation, that is among the obtained results, rises at about 414.5tons / day (1.09 kg/per capita). The percentage of organic matter was of 37.56 %; of which 30.81 % are recoverable materials that could be separated before entering into the landfill process and 31.63 % are wastes that can-

not be recovered and hence they will be buried in the landfill. The results indicated that it is possible to recover and recycle materials such as plastic, paper and cardboard, aluminum, organic matter (as compost) and glass. The proposal is to implement a separation system at the source as well as a plant for the recovery and processing of the materials. This management system would allow to divert up to 68.37 % of USW, that would mean a reduction of about USD \$ 283 000 per year on the operating cost and a significant prolongation of the landfill lifetime. Moreover, it could generate up to USD \$6 000 000 per year from the sale of the recycled materials. On the other hand, the diversion of a significant fraction of the organic matter and other materials would reduce the landfill gas emissions and would provide compost for regeneration and conservation of agricultural soils in the region.

INTRODUCCIÓN

La producción de RSU ha aumentado en todo el mundo como consecuencia del incremento de la población, las actividades humanas y el desarrollo de la tecnología. Adicionalmente, la gestión en la disposición y control de los RSU es compleja debido a la variedad y cantidad de desechos, a un sistema de recolección ineficiente, a la inadecuada disposición final, a bajos presupuestos asignados al manejo de los residuos, impactos al ambiente, falta de participación ciudadana, y a los patrones de consumo de la sociedad.

El crecimiento de los centros urbanos, y en consecuencia de la cantidad de RSU generados, obliga a las autoridades responsables de su manejo a mejorar continuamente los sistemas de gestión de RSU y a aumentar su capacidad de gestión. Esto no sólo por los riesgos que generan los RSU mal manejados para la salud de la población y para los ecosistemas (Gallardo *et al.* 2006), sino también por el costo que implica para la sociedad el manejo y disposición inadecuado de los RSU.

El sistema de manejo de residuos sólidos de la mayoría de los municipios del estado de Nayarit está integrado por los subsistemas de barrido manual, recolección y disposición final. Cuenta con 22 sitios de disposición final, de los cuales, sólo tres cumplen con la NOM-083-SEMARNAT-2003, en cuanto a restricciones de ubicación, constructivas y operativa. Dichos sitios se localizan en los municipios de Bahía de Banderas, Compostela y Jala –este último, correspondiente a un relleno sanitario regional integrado por los municipios de Ahuacatlán, Ixtlán del Río y Jala. La clasificación del sitio de disposición final del municipio de Tepic es de un tiradero a cielo abierto (SEMARNAT 2010).

La gestión de los RSU en la ciudad de Tepic está a cargo del Ayuntamiento, el cual tiene serias carencias técnicas, operativas y de gestión, además de

limitaciones en cuanto a la disponibilidad de recursos, equipamiento e infraestructura. Esto ha llevado al Ayuntamiento a un permanente estado de quiebra técnica y económica. Para superar esta situación, es urgente reformular el sistema de gestión de RSU para hacerlo más eficiente, reducir los costos de operación y generar recursos adicionales para el Ayuntamiento. El punto de partida para la reformulación del sistema de gestión es contar con información confiable y actualizada sobre las características de los RSU generados en la ciudad de Tepic.

Tepic es la ciudad más importante del estado de Nayarit. En ella predomina la economía del sector terciario y tiene diferentes niveles socioeconómicos. La producción de los RSU en la ciudad es un serio problema ambiental, pues ha aumentado de 300 ton en el 2003 a 600 ton en el 2011 y se espera que aumente a 800 ton en 2015 (DAP 2010), con una población de 380 249 habitantes (INEGI 2010). Los resultados de este estudio serán de utilidad en la toma de decisiones para las mejores prácticas en el manejo adecuado de los residuos.

En México los estudios de caracterización de residuos son pocos y se han llevado a cabo en algunas ciudades: Morelia, Guadalajara, Chihuahua y Mexicali, los análisis fueron diferentes y determinaron realidades propias de cada ciudad (Ojeda-Benítez *et al.* 2008, Gómez *et al.* 2009). Por ello se hace necesario actualizar los estudios sobre la caracterización de la generación de RSU en el municipio de Tepic que permita elaborar una propuesta pertinente sobre los métodos, técnicas y tecnologías a ser utilizadas para implementar un sistema de gestión integral de residuos sólidos (SGIRS). Por lo tanto mediante la caracterización física de RSU se podrá obtener la composición y la cantidad de los diferentes materiales que pueden ser desviados de su disposición final, los cuales, después de un tratamiento o sin el mismo, pueden ser revalorizados mediante su venta y posterior uso como materia, lo cual es el objetivo del trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con la intención de contar con información específica que permita medir la efectividad de la demanda del servicio de limpia y conocer el tipo y cantidad de residuos que se recolecta en el vertedero el Iztete de la ciudad de Tepic Nayarit, se procedió a realizar un muestreo aleatorio para determinar la generación per cápita de residuos sólidos urbanos, así como la caracterización y cuantificación de los mismos. Dicho estudio consistió en llevar a cabo un muestreo directo en el vertedero el Iztete de manera global, y se estimó la generación de los RSU en el vertedero.

La cuantificación y caracterización de los residuos sólidos totales se realizó conforme a la normatividad mexicana vigente (SECOFI 1985 a, b, c), con un muestreo aleatorio en el mes de abril de 2011. Para la recolección de las muestras se realizaron visitas al sitio de disposición final de los RSU el Iztete, correspondientes a 49 rutas de recolección del ayuntamiento de Tepic. Durante cuatro semanas se escogieron dos días consecutivos: lunes y martes, miércoles y jueves, viernes y sábado y domingo y lunes.

Cuantificación

El proceso se describe a continuación: a la llegada del primer camión recolector con capacidad de ocho toneladas entre las 9:00 y 10:00 a.m, se seleccionó

aleatoriamente una muestra y se descargó la mezcla de residuos en la zona asignada en el vertedero. Con la ayuda de pala cargadora se realizaron cuarteos sucesivos hasta obtener de forma manual una muestra cuyo peso oscilara entre 50 y 100 kg.

El pesaje del total del residuo generado se llevó a cabo utilizando una báscula mecánica industrial con capacidad de 500 kg para el caso de las bolsas de residuo mixto. Debido a las condiciones del sitio, de los residuos y a errores humanos, se estima la exactitud de este estudio en un $\pm 10\%$.

Muestreo y clasificación física

Se seleccionó una muestra representativa para la caracterización por el método de cuarteo según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-015 (SECOFI 1985a). La muestra total para cuarteo fue de 8000 kg y la muestra para caracterización fue de 52.5 kg. De la muestra para caracterización se seleccionaron los subproductos de acuerdo con la clasificación de Gallardo *et al.* (2006). La muestra obtenida en el sitio se trasladó a los espacios de la Universidad Autónoma de Nayarit y sobre una superficie limpia y cubierta con bolsas de polietileno se procedió a la clasificación física. Se realizaron diferentes cribados y los residuos se clasificaron en categorías, se describieron cada uno de los componentes individuales que constituyen la muestra de RSU en masa, y su distribución relativa en porcentajes en peso (ver **figuras 1 y 2**).



Fig. 1. Cuarteo y toma de la muestra de la mezcla de los residuos de la ruta seleccionada en el vertedero el Iztete en Tepic



Fig. 2. Proceso para la determinación de la caracterización física de los RSU en Tepic

La estimación del peso específico total de los RSU se obtuvo por la NMX-AA-019 (SECOFI 1985 II), utilizando la ecuación (1).

$$P_v = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Donde:

P_v = Peso volumétrico de los residuos sólidos de la muestra en kg/m^3

P = Peso de los residuos de la muestra en kg (valor promedio de las 8 muestras)

V = Volumen del recipiente empleado para la determinación en m^3

La determinación de la composición física se realizó con base al peso total después de realizado el cuarteo y a los pesos registrados de cada material. Mediante la siguiente fórmula se obtuvieron los porcentajes de cada material, utilizando la ecuación (2).

$$P_i = \frac{PM_i}{PT} * 100 \quad (2)$$

Donde:

P_i = Porcentaje en peso del material (%)

PM_i = Peso del material i (kg)

PT = Peso total de la muestra (kg)

Potencial económico de subproductos en la ciudad de Tepic, Nayarit

Los ingresos del proyecto se obtendrán a partir de la venta de material separado y debidamente tratado. Para llevar a cabo el análisis se utilizaron los siguientes datos:

G = Generación per cápita = 1.09 kg/hab/día.

P = Población del municipio de Tepic: 380 249 (INEGI 2010)

%P = 50% de la población pertenece al nivel socioeconómico bajo y medio respectivamente.

%S = Subproductos reciclables en por ciento

$\$$ = Precio promedio de los subproductos

%R = Por ciento de recuperación real, para los residuos

inorgánicos como papel y cartón, se considera que un 70 % del total generado puede utilizarse para la venta, mientras que el vidrio, aluminio y fierro puede recuperarse en un 100 % (Deffis 1994).* Se considero 100 % recuperable para otros plásticos, PET y envases multicapa..

t = El tiempo de generación para este trabajo, fue anual.

Utilizando la ecuación (3):

$$\text{Potencial Económico} = (G) \times (P) \times (\%P) \times (\%S) \times (\$) \times (\%R) \times (t) \quad (3)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La generación típica máxima de residuos sólidos en el Iztete, según el estudio realizado, asciende a 414.5 ton/día. Respecto a la generación per cápita, se consideró una población de 380 249 y con este dato la generación per cápita resultó de 1.09 kg/ per cápita.

Determinación del Peso Volumétrico: Una vez concluido el pesaje de las muestras, se procedió al cuarteo para conocer el peso volumétrico de acuerdo a lo indicado en las Normas (SECOFI 1985 a, b) y dicho peso se calculó con la ecuación (1) (ver el cuadro I).

Determinación de la composición física: Para la clasificación de los materiales se utilizaron las categorías descritas por Gallardo *et al.* (2006), como se muestra en el cuadro II.

En el cuadro III se muestra la distribución en porcentaje del peso de los subproductos por tipo de los RSU así como una estimación de la producción total de RSU en la ciudad de Tepic. En este total no se incluye la basura generada por fuentes como hospitales, industrias y limpieza de áreas públicas. Sin embargo, la basura de origen doméstico y de centros comerciales representa la mayor proporción de basura que se genera en la ciudad.

En el cuadro IV se muestra el Potencial económico de subproductos de la ciudad de Tepic, Nayarit.

CUADRO I. CATEGORÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RSU EN TEPIC

Categorías	Residuos
Fracción orgánica:	Alimentos, residuos de jardinería
Celulosa sanitaria	Pañales, toallas sanitarias, compresas de algodón
Papel y cartón	Periódico, revistas, hojas, papel de envoltura de alimentos, servilletas, cajas de cartón
Plásticos:	PET (1), PEAD (2) o HDPE, PVC (3) o V, PEBD (4) o LDPE, PP (5), PS (6), Envolturas, Bolsas, Desechables, Otros plásticos
Vidrio	Transparente y de color
Envases multicapa	Envases
Madera	Residuos de cajas, materiales
Calzado	En general
Textiles	Retazos de tela y ropa de vestir
Goma, caucho y cuero	Guantes, globos, cuero, residuos de neumáticos, tubos
Metales:	Metales ferrosos, Metales no ferrosos, Papel de aluminio
RP	Medicamentos envases, pilas, cartuchos de tinta, radiografías
Tierra, cenizas, cerámica	Tierra y residuos de azulejo y vajilla
Otros	Material eléctrico y electrónico, productos multi-material

CUADRO II. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO IN SITU DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE TEPIC NAYARIT

Día	Peso tambo (kg)	Residuos +Peso tambo (kg)	Peso residuos (kg)	Volumen (m ³)	Peso volumétrico (kg/m ³)
1	15	66.47	51.47	0.200	257.35
2	15	67.05	52.05	0.200	260.25
3	15.6	67.47	51.87	0.200	259.35
4	15.2	70.10	54.90	0.200	274.50
5	15.4	67.43	52.03	0.200	260.15
6	15	65.14	50.14	0.200	250.70
7	15.8	65.88	50.08	0.200	250.40
8	15.2	70.33	55.13	0.200	275.65
				Promedio	261.04

CUADRO III. COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RSU GENERADOS EN LA CIUDAD DE TEPIC

Material o Residuo	Porcentaje (%)	Cantidad (ton/día)
Materia orgánica	37.56	155.68
Plásticos	8.62	35.73
Papel y cartón	11.03	45.72
Celulosa sanitaria	13.88	57.53
Metales ferrosos	1.43	5.93
Metales no ferrosos	1.31	5.44
Envolturas	9.89	41.00
Otros plásticos	2.28	9.46
Residuos peligrosos	0.59	2.45
Otros restos	1.42	5.89
Envases multicapa	0.91	3.77
Textiles y calzado	3.34	13.85
Madera	0.15	0.62
Vidrio	5.22	21.63
Tierra, ceniza y cerámica	2.36	9.8
Total	99.99	414.5

La cantidad de RSU que se genera por día en la ciudad de Tepic alcanza 414.5 ton/día. La densidad aparente presenta valores usuales para este tipo de RSU. El promedio de toda la ciudad es de 261.04. kg/m³.

De las 414.5 toneladas de RSU que se generan diariamente en la Ciudad de Tepic, 37.56 % corresponde a materia orgánica, el 30.81 % son materiales recuperables, que se podrían separar. Y el 31.63 % son los residuos que ya no es posible recuperar, por lo cual serían sepultados en el vertedero. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la materia orgánica representa la mayor generación de residuos, la cual se compone de restos de comida y jardinería.

Asimismo, de los materiales recuperables se identificaron las subcategorías de plásticos con un 10.9 % que contribuye significativamente al aumento del volumen y espacio en la disposición final de los

CUADRO IV. POTENCIAL ECONÓMICO DE SUBPRODUCTOS RECUPERABLES

Subproductos recuperables	%S	P (\$) kg	Recuperación/día (\$USD)	Recuperación anual (\$USD)
Papel y cartón	11.03	0.4	468.35	170 947.75
Metales ferrosos	1.43	0.3	63.5	23 177.50
Metales no ferrosos	1.13	6.21	1 195	436 178.61
Vidrio	5.22	0.1	77.27	28 203.55
PET	8.62	9	10 924	3 987 362.20
Otros plásticos	2.28	2	829	302 563.1
Envases multicapa	0.91	2.8	3 771.68	1 376 663.20
			TOTAL	6 325 095.91

residuos. Sin embargo, la mayoría de estos podrían ser reciclados. Las categorías de menor aportación de porcentajes, pero significativas para el reciclaje son: papel y cartón con un 11.03 %, vidrio con 5.22 %, metales con 2.74 %, envases multicapa con 0.92 %; el 17.75 % corresponde a madera, calzado, textiles, goma, etc. (ver **Fig. 3**).

Realizando un estudio comparativo del presente trabajo con otros de caracterización realizados en México, se encontró que únicamente hay cuatro trabajos similares publicados, el de Chihuahua, Guadalajara, Mexicali y Morelia (Gómez *et al.* 2009). No obstante que estas ciudades tienen una población superior a la de Tepic, los porcentajes correspondientes a los residuos orgánicos en todos los casos analizados en México equivalen alrededor del 50% del total

generado y junto con papel y cartón equivalen aproximadamente al 61% del total de residuos generados en las ciudades (**cuadro V**).

Se detectan numerosas oportunidades en cuanto al reciclaje en la ciudad de Tepic, puesto que los materiales de mayor generación son potencialmente recuperables. Éstos son: residuos orgánicos, plásticos, papel y cartón, que en conjunto representan el 59.49 % del residuo generado y ascienden a un total de aproximadamente 246.59 toneladas diarias.

El sistema actual para fomentar el reciclaje se centra en confiar en que los usuarios separen los residuos en sus casas de: 1) papel y cartón, 2) latas de aluminio y 3) botellas de PET. Sin embargo, dado los bajos porcentajes de recuperación de estos materiales (es decir, su alta presencia en el flujo de

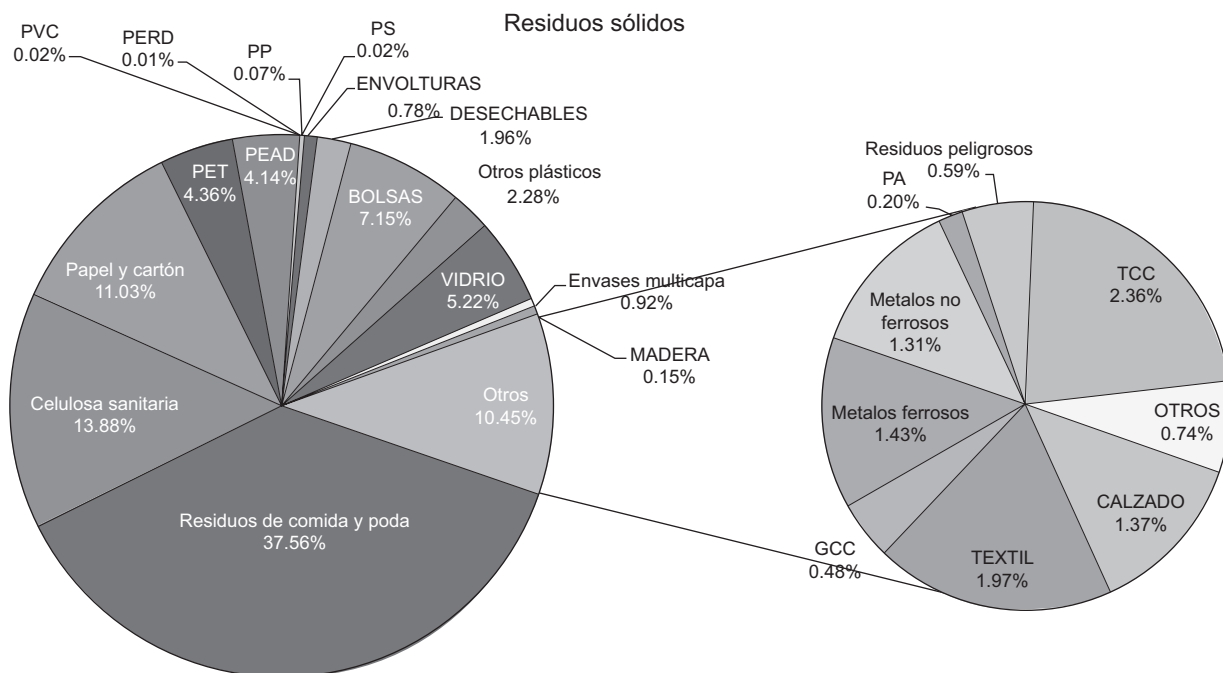


Fig. 3. Composición del material mezcla de los RSU distribuidos en porcentaje en peso

CUADRO V. COMPARACIÓN DE LA GENERACIÓN DE FRACCIÓN EN TEPÍC CON OTRAS CIUDADES DE MÉXICO

Fracción	Nayarit (2011)	Chihuahua (2008)	Guadalajara (2001)	Mexicali (2003)	Morelia (2001)
Orgánico	37.56	48.0	54.0	55.6	57.1
Papel y cartón	11.03	16.1	7.1	8.8	11.0
Plásticos	10.9	11.9	9.0	6.1	7.9
Métales	2.74	2.4	1.5	1.9	1.8
Vidrios	5.22	5.6	4.1	3.5	4.7
Otros	18.07	16.0	24.4	24.1	17.5
Generación per cápita (kg/per cápita)	1.09	0.676	0.580	0.592	0.629

residuos mezclados), se concluye que el sistema no es eficiente y que la población de Tepic no está dispuesta a separar sus residuos reciclables.

Valor agregado de los materiales reciclados

Una de las mejores opciones para optimizar la gestión de residuos sólidos es tener un valor agregado a los materiales que encontramos en los residuos mediante una recuperación y transformación de los mismos. En la ciudad de Tepic no existe una actividad importante de recuperación y reciclaje de materiales, en particular de plásticos, aluminio, papel y vidrio. Existen algunas empresas y pepenadores que se dedican a esta actividad de manera informal. La idea que se pretende analizar, es lo conveniente que sería para el municipio desarrollar esta actividad a gran escala y con un sistema de gestión que optimice la recuperación y reciclaje de materiales. Por el momento el municipio no recupera nada de materiales reciclables.

Para este análisis se propone un escenario en que el municipio implemente un sistema de gestión de RSU con separación en origen en dos fracciones: una orgánica destinada al compostaje y otra inorgánica que sería procesada en una instalación de recuperación de materiales tales como plásticos, papel y cartón, metales ferrosos, metales no ferrosos, envases multicapa y vidrio. En este escenario se puede calcular la cantidad de materiales utilizables para el reciclaje. En este estudio los resultados del potencial económico mostraron la alta viabilidad que representan los materiales recuperables.

CONCLUSIONES

Con respecto a la caracterización física de los RSU se determinó, por el método del cuarteo, que la biomasa representa el mayor porcentaje de la composición física de los RSU, con un 48.74 %; 10.9 % plásticos, 17.01 % materiales no recuperables, 8.88 %

materiales recuperables, 13.88 % celulosa sanitaria y 0.59 % residuos peligrosos. Esto revela una gran variación en los hábitos de consumo y en los productos que se tienen ahora en el mercado y revela la tendencia usual en la composición de los RSU debido a la mayor industrialización de los alimentos. Esto también incide en la generación de una mayor proporción de materiales plásticos que son generalmente utilizados en los envases. El porcentaje de pañales y sanitarios revela un alto consumo de este tipo de productos.

Se concluye que la materia orgánica es el principal material que genera la ciudad de Tepic, representando un problema de contaminación alto, debido a su descomposición, porque no se cuenta con una planta de separación, reciclaje y tratamiento de los RSU en el actual tiradero el Iztete.

Con respecto al resultado del valor agregado de los materiales reciclados, muestra que sería posible y económicamente atractivo recuperar y reciclar: plásticos, papel y cartón, aluminio, vidrio y materia orgánica (fabricando composta). Estos materiales, exceptuando la materia orgánica, son recuperados de manera informal por pepenadores que venden estos materiales a acopiadores que luego los revenden a empresas que los procesan.

La venta de materiales recuperados podría generar hasta 6 millones de \$USD al año de ingresos (si se implementa una planta de procesamiento de plásticos). Los plásticos, papel y cartón y aluminio son los materiales más interesantes para ser reciclados. La producción de composta implicaría un menor costo de operación y una disminución del impacto ambiental del relleno. Además remediará la degradación de suelos agrícolas de la región y se dará cumplimiento a la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Por todos estos beneficios se considera que el municipio debe analizar seriamente la opción de implementar un sistema de gestión de RSU con separación en el origen y la recuperación y reciclaje de materiales.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se realizó gracias al financiamiento otorgado por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP). Se agradece al Honorable XXXVIII Ayuntamiento de Tepic a través de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), la Dirección de Aseo Público y al equipo de servicio social de los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Nayarit.

REFERENCIAS

- DAP (2010). Informe de la Dirección de Aseo Público. H. XXXVII Ayuntamiento de Tepic, Dirección de Aseo Público. 58 pp.
- Deffis A. (1994). La basura en la solución. Árbol Editorial S.A. de C.V. Primera Edición.
- Gallardo A., Bovea M.D., Ochera M., Beltrán M. (2006). Aprovechamiento de la fracción mezcla de la planta de reciclaje y compostaje de residuos sólidos urbanos de Onda (Castellon) (I). *Residuos*. 90, 52-60.
- Gómez G., Meneses M., Ballinas L. y Castells F. (2009). Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. *Waste Manage.* 29, 2018-2024.
- INEGI 2010. Censo de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=2>, 12/03/2013.
- Ojeda-Benítez S., Armijo C. y Márquez M.Y. (2008). Household solid waste characterization by family socioeconomic profile as unit of analysis. *Resour. Conserv. Recycl.* 52, 992-999.
- SECOFI (1985a). Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Muestreo – Método de Cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación, México, 18 Marzo de 1985.
- SECOFI (1985b). Norma Mexicana NMX-AA-019-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales –Peso Especifico. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación, México, 18 Marzo de 1985.
- SECOFI (1985c). Norma Mexicana NMX-AA-61-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Generación. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación, México, 8 de Agosto de 1985.
- SEMARNAT (2010). Desarrollo de elementos de análisis socioeconómico para la evaluación de los proyectos de ramo 16, en materia de residuos sólidos.
- SEMARNAT (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección de sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales. Diario Oficial 20 Octubre de 2004.