

GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS EN LOCALIDADES URBANAS PEQUEÑAS EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Eduardo CASTILLO-GONZÁLEZ y Lorena DE MEDINA-SALAS*

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana

*Autora responsable; loredms@hotmail.com

(Recibido julio 2013, aceptado diciembre 2013)

Palabras clave: residuos sólidos domésticos, generación, composición, generación per cápita, localidades urbanas pequeñas

RESUMEN

En México se han realizado estudios de generación y composición de residuos sólidos domésticos (RSD), sin embargo no han sido específicos para localidades urbanas pequeñas. Para realizar una gestión adecuada de RSD, que permita a los municipios desarrollar una planeación estratégica es importante contar con datos confiables. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la generación per cápita promedio (GPC) y la composición de RSD generados en viviendas de una localidad urbana pequeña ubicada en el estado de Veracruz. Para lo anterior se realizó un muestreo directo en la época invernal con una duración de siete días y se aplicó una encuesta para clasificar las viviendas por estratos socioeconómicos en residencial, medio y popular además de estimar su GPC y composición. Los resultados revelaron que existe diferencia estadística significativa con una confianza del 95 %, de la GPC promedio de la localidad en estudio, en comparación con el valor establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para localidades urbanas pequeñas. Además, en términos generales, la composición de los RSD, fue muy similar a la reportada como promedio a nivel nacional para materia orgánica, residuos potencialmente reciclables y residuos no aprovechables. En cuanto a los subproductos potencialmente reciclables, destacó una mayor generación de plásticos y una menor generación de vidrio.

Key words: household solid waste, generation, composition, per capita generation, small urban localities

ABSTRACT

In Mexico, there have been studies about the generation and composition of household solid waste (HSW), however they have not been specific for small urban localities. For proper management of HSW that enable municipalities to develop strategic planning is important to have reliable data. This study was aimed at determining per capita generation and composition of HSW generated in a small urban locality in the state of Veracruz during the winter season. In order to do this, houses were selected and stratified into three socio economical levels: residential, average and popular. Direct sampling was done for a seven day period, during which per capita generation and composition of HSW was monitored. The results revealed a significant statistical difference, with a confidence of 95 %, between the average per capita generation found

in the location of study, compared to values set by the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) for small urban localities. However, the values for the composition of HSW were very similar to those reported as nationwide averages for organic matter, potentially recyclable products and unusable waste. In terms of potentially recyclable products, the study found that there was a greater generation of plastics than of glass.

INTRODUCCIÓN

En la legislación ambiental de México se establece que los municipios son responsables de realizar una gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU), que contemple una planeación estratégica en la que es indispensable contar con información confiable de la generación y composición de los RSU (SEMARNAT 2007). Esta información debe ser obtenida a través de muestreos directos, cuyos hallazgos son importantes para tener en cuenta en conjunto con las pruebas estadísticas (González y Buenrostro 2012). SEMARNAT (2006), reporta que la información disponible es muy dispersa y desequilibrada, ya que se basa en proyectos individuales y encuestas. Sin embargo, recientemente se han desarrollado estudios relativos a la caracterización de RSD, pero no específicos para localidades urbanas pequeñas. La información proporcionada ayuda a tener una visión general del estado actual de la gestión de los RSU y un análisis de los problemas (Dong *et al.* 2010). Actualmente, el manejo de los RSU es de gran preocupación debido a que los rellenos sanitarios están alcanzado su capacidad límite (Durán 2013). La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) ha estimado la generación global y la GPC de RSU, en función al tipo de localidad, en donde las zonas metropolitanas cuentan con más de 200 000 habitantes, las ciudades medias de 50 000 hasta 200 000, localidades urbanas pequeñas de 15 000 hasta 50 000 y las localidades semirurales y rurales, menos de 15 000 habitantes (Rosiles 2008).

De acuerdo con las estimaciones de SEMARNAT, en 2004 se generaron aproximadamente 94 800 toneladas diarias de RSU en México, de las cuales se recolectaron el 87 % y el 64 % se depositó en 88 rellenos sanitarios y 21 sitios controlados, mientras que el resto se depositó en tiraderos a cielo abierto, barrancas o bien en cualquier otro sitio sin control. Se desconoce la cantidad exacta de RSU que se envían a algún tipo de aprovechamiento, ya que una gran parte de ellos se sustraen a lo largo de su manejo a través de la pepena. No obstante, se estima que entre 8 y 12 % del total de residuos generados, se acopian durante su

manejo para reuso y reciclaje (SEMARNAT 2009).

De acuerdo con los datos reportados por SEMARNAT (2006), se hizo un estudio en 47 localidades de México, donde se determinó la siguiente información: los equipos más utilizados para la limpia pública son los camiones compactadores con capacidades de 10 a 15 m³, los cuales recolectan de 4 a 8 ton/viaje; en las grandes zonas metropolitanas, la cobertura alcanza el 95 %; en ciudades medias varía entre 75 y 85% y en pequeñas áreas urbanas alcanza entre 60 y 80 %. Los costos de recolección en las ciudades medias varían de 30 a 640 pesos mexicanos por tonelada, en función de la densidad poblacional, la cantidad recolectada y la eficiencia en el llenado del vehículo, su estado físico y el diseño de las rutas. En 2011, a nivel nacional se generaron 112.5 mil toneladas diarias de RSU, de las cuales el 5.5 % correspondieron al estado de Veracruz, con una disposición final en rellenos sanitarios del 40 % de los residuos (SEMARNAT 2013).

De esta forma, es importante resaltar que el conocimiento sobre la composición de residuos sólidos es necesario para un adecuado manejo de RSU (Gómez *et al.* 2008). Especialmente en las localidades urbanas pequeñas se ha identificado que los principales problemas asociados a la gestión de residuos, consisten en ausencia de sitios de disposición final que cumplan con la normatividad ambiental vigente, falta de departamentos de limpia pública en los municipios, aplicación inadecuada de recursos municipales para equipos e infraestructura y falta de reglamentación municipal para el servicio. Esta problemática genera diversos impactos al ambiente, en agua suelo y aire, en virtud de que al no contar con una gestión adecuada, los RSU se abandonan en tiraderos a cielo abierto (SEMARNAT 2006), siendo una práctica común sin tener un control ambiental (Gómez *et al.* 2009).

Tal es el caso de la localidad de Xico, que se ubica en la zona montañosa central del estado de Veracruz y que actualmente no realiza una gestión adecuada de los residuos, en virtud de que las autoridades municipales sólo se dedican a realizar la recolección de los RSU, sin que exista un aprovechamiento o valorización. Una vez recolectados, los RSU se transportan

a una estación de transferencia improvisada, para enviarlos al sitio de disposición final que se ubica en otro municipio a una distancia aproximada de 40 km.

Esta situación se origina en virtud de que el municipio no ha planeado una gestión adecuada que le permita lograr el manejo eficiente de los RSU; por lo tanto es imprescindible contar con el estudio de generación y composición de los RSU para diseñar la infraestructura requerida para su manejo. En muchos sitios no se ha proporcionado una prueba formal para apoyar el manejo (De Medina *et al* 2013), por lo que los objetivos específicos de esta investigación consistieron en la determinación de la GPC y composición de los RSD generados por las viviendas de la localidad de Xico, así como la estimación de la generación por estrato socioeconómico y la realización de pruebas de hipótesis para demostrar si la GPC promedio determinada para Xico es menor a la GPC reportada por SEDESOL para localidades urbanas pequeñas.

Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende a la localidad de Xico (**Fig. 1**), perteneciente al municipio del mismo nombre. Esta localidad se ubica en la zona central del estado de Veracruz, en las coordenadas geográficas de 19° 25' de latitud norte y 97° 01' de longitud oeste a una altura de 1320 msnm. El municipio tiene una superficie de 176.85 km², que representa el 0.24 % del total del estado (INAFED 2010). La distancia aproximada de la cabecera municipal al sur de la ciudad de Xalapa, capital del estado de Veracruz por carretera es de 15 km. El clima de la localidad es semicálido húmedo, con una temperatura media anual de 19 °C



Fig. 1. Localización del municipio de Xico, en el estado de Veracruz (Fuente: INAFED 2005)

y precipitación media anual de 1750 mm; el tipo de suelo predominante es andosol. La localidad se encuentra delimitada por dos ríos, afluentes principales del río Los Pescados, el denominado Huehueyapan por el lado norte y el Texolo por el sur (INAFED 2005). El tipo de ecosistema presente es el bosque de coníferas así como el bosque mesófilo de montaña y algunos encinares. La población para el año 2010 fue de 35 188 para el municipio de Xico y de 18 652 para la localidad (INEGI 2010). El nivel de ingresos es muy bajo, puesto que más del 60 % de la población no recibe más de dos salarios mínimos (SM) diarios (SEFIPLAN 2010). El SM se utiliza como indicador económico y es la cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador por los servicios prestados en una jornada de trabajo, de acuerdo con el artículo 90 de la Ley Federal del Trabajo (LFD 2012). De acuerdo con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, al municipio en estudio le corresponde el área geográfica C, por lo que el valor del SM vigente para el año 2010 fue de 54.47 pesos por día (SAT 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de las viviendas a muestrear

La presente investigación se llevó a cabo durante siete días de acuerdo con los lineamientos establecidos en las normas mexicanas de referencia NMX-AA-061-1985 "Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación" (SECOFI 1985a) y NMX-AA-022-1985 "Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos" (SECOFI 1985b). Debido a que en la bibliografía consultada (De Medina *et al.* 2012) se establece que la generación y composición varía en función de la época del año, este muestreo resultó representativo para la época invernal.

Con el fin de obtener una muestra representativa de los RSD generados en las viviendas y en virtud de que la localidad de Xico se encuentra organizada por manzanas y estas a su vez por viviendas, resultó adecuado utilizar el método de muestreo aleatorio estratificado, por lo que se obtuvo el tamaño de muestra, primero para manzanas y posteriormente para viviendas habitadas.

Para lo anterior, se procedió a numerar la totalidad de las manzanas en un plano de la localidad y se aplicó el procedimiento establecido en la norma Military STD 105E (Montgomery 2008), para obtener el tamaño muestral y seleccionar aleatoriamente las

manzanas. Posteriormente, se contaron las viviendas contenidas en las manzanas seleccionadas, para determinar, con base en la norma mencionada, el tamaño muestral para viviendas, mismas que también fueron seleccionadas aleatoriamente.

Encuesta de campo

Una vez identificado el tamaño muestral, el siguiente paso fue estimar la GPC y la composición de RSD en la localidad, para lo cual se elaboró un instrumento de evaluación basado en la “cédula de encuesta de campo para el muestreo de generación de RSU” incluida en la norma NMX-AA-061-1985 (SECOFI 1985a), para conocer el número de habitantes y datos de las viviendas. En virtud de que no existe un criterio unificado para la clasificación socioeconómica de la población en los estratos residencial, medio y popular, para el caso de este estudio resultó conveniente utilizar los criterios que indica el libro de Datos Básicos del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA 2007), de acuerdo a los datos presentados en el **cuadro I**.

CUADRO I. CLASIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA DE VIVIENDAS

Clase socioeconómica	Descripción del tipo de vivienda
Residencial	Casa solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m ² o más, cisterna, lavadora, para vivienda residencial; casas y departamentos
Media	Casas y departamentos, que cuentan con uno ó dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño ó compartiéndolo

Fuente: CONAGUA 2007

Además de estos criterios, para la clasificación socioeconómica también se consideraron los ingresos familiares de acuerdo con la siguiente distribución: popular, hasta 5 SM; medio, más de 5 y hasta 10 SM y residencial, más de 10 SM.

Previo a la semana de muestreo, se realizaron tres actividades. La primera de ellas fue la aplicación de encuestas a los habitantes de las viviendas seleccionadas. La segunda actividad fue identificar a las viviendas de acuerdo a su nivel socioeconómico con

etiquetas de distintos colores. La tercera consistió en realizar la operación de limpieza mediante la entrega de una bolsa de polietileno para que se depositaran los RSD de los días viernes, sábado y domingo. En la semana de muestreo, se entregó en cada una de las viviendas una nueva bolsa de polietileno identificada con el número correspondiente, para que depositaran sus residuos generados durante las siguientes 24 horas. A partir del segundo y hasta el séptimo día de muestro, de las 8:00 a las 10:00 am, se recolectaron las bolsas con los residuos del día anterior, entregándose una nueva bolsa etiquetada, para que se depositaran en ella los residuos generados las siguientes 24 horas. Las bolsas recolectadas se cerraron con ligas y se depositaron en la camioneta proporcionada por las autoridades del H. Ayuntamiento de Xico para trasladarlas al sitio de separación.

Determinación de la generación

Todas las bolsas recolectadas se llevaron diariamente al sitio de separación asignado por las autoridades del H. Ayuntamiento de Xico. Se verificó que la báscula estuviera nivelada y se pesó cada bolsa, anotando los datos obtenidos en la encuesta de campo mencionada. Una vez registrado el peso de los RSD de cada vivienda, se restó el peso de la bolsa utilizada para recolectar los residuos. La GPC diaria de RSD se obtuvo al dividir el peso de los RSD entre el número de habitantes de la vivienda y se expresó en kg/hab/día, aplicando la fórmula 1:

$$\text{Generación per cápita} = \frac{\text{kg de RSD recolectados por vivienda}}{\text{Num. de habitantes por vivienda}} \quad (1)$$

El valor de la GPC promedio por vivienda obtenida de los siete días de muestreo se utilizó para realizar una prueba de hipótesis para la media con varianza desconocida, aplicando el estadístico *t* de Student, con un 95 % de confianza, para comprobar si el valor de la GPC promedio determinada para Xico, es menor que la GPC para localidades urbanas pequeñas (De Medina *et al.* 2013), de acuerdo con el siguiente planteamiento:

$$H_0: \mu > \mu_0$$

$$H_1: \mu \leq \mu_0$$

En donde

μ = GPC para localidades urbanas pequeñas

μ_0 = GPC promedio determinada para Xico

En el año 2008 se reportó una GPC de 0.674 kg/hab/día, para localidades urbanas pequeñas (De Medina *et al.* 2013), que se determinó considerando el 1 % de incremento anual en la GPC, y el 77 % correspondiente a los residuos domiciliarios (INE 1997).

Determinación de la composición

La determinación de la composición se realizó acorde con lo establecido en la norma NMX-AA-022-1985, durante los siete días de muestreo. Sin embargo, debido a que la cantidad diaria de residuos fue de aproximadamente 80 kg, no se requirió de la realización del cuarteo indicado en la norma NMX-AA-015-1985, en virtud de que la misma establece que como mínimo deben dejarse 50 kg. Una vez pesadas todas las bolsas, se abrieron para separar los RSD en los 27 subproductos establecidos en la norma. Sin embargo, en virtud de que dicha norma se publicó en 1985 y considerando que actualmente se generan nuevos tipos de residuos por el estilo de vida actual de la población a nivel mundial, la clasificación de los subproductos se modificó realizándose de la siguiente forma: el residuo fino se incluyó en la categoría de “otros”, la fibra vegetal en “residuos de jardinería” y las latas en “material no ferroso”, quedando finalmente 24 subproductos. Además, se agregaron cinco nuevos subproductos: medicinas, cenizas, papel encerado, residuos peligrosos y envases de cartón multicapas para bebidas, dando un total de 28 subproductos, dentro de los cuales se clasificaron todos los RSD generados y posteriormente se depositaron en bolsas de polietileno para pesarlos en la báscula ya calibrada, después se anotaron los resultados en una cédula de registro de campo. Finalmente se obtuvo el porcentaje de cada uno, mediante la aplicación de la fórmula 2:

$$PS = \frac{G_1 \cdot 100}{G} \quad (2)$$

En donde:

PS= Porcentaje del subproducto

G₁= Peso del subproducto considerado descontando el peso de la bolsa empleada en kg

G= Peso total de la muestra en kg

Esta actividad se realizó diariamente durante los siete días del muestreo. Una vez registrados los datos de la composición de RSD de cada día, se obtuvieron los porcentajes promedio de cada subproducto para los siete días del muestreo. Por último, para la estimación de la composición por estrato socioeconómico,

se agruparon las bolsas con los residuos de cada estrato, se pesaron y se calculó el porcentaje en peso de cada subproducto, obteniéndose así un promedio de la composición de los siete días de la semana.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Viviendas muestreadas

Como resultado del recorrido efectuado en la localidad de Xico se encontraron 101 manzanas habitadas, resultando un tamaño de muestra de 20 manzanas, integradas por un total de 748 viviendas, por lo que el tamaño de muestra fue de 80 viviendas.

Resultados de la clasificación socioeconómica de las viviendas

Después de analizar las encuestas aplicadas a los habitantes de las 80 viviendas seleccionadas, se procedió a determinar la clasificación socioeconómica de acuerdo con los criterios señalados, por lo que los porcentajes obtenidos de los estratos residencial, medio y popular, fueron del 15, 35 y 50 %, respectivamente.

Generación de RSD

De acuerdo con los resultados obtenidos, la GPC media de RSD en la localidad de Xico fue de 0.384 kg/hab/día. Este valor se utilizó para demostrar la hipótesis planteada. La evidencia estadística demostró la aceptación de la hipótesis nula, en consecuencia, la GPC determinada en Xico, es menor que la GPC reportada por SEDESOL para localidades urbanas pequeñas, con un nivel de confianza del 95 %.

Este comportamiento seguramente obedeció a que la población de Xico (17 231 habitantes), prácticamente se encuentra en el límite inferior del tamaño de población de las localidades urbanas pequeñas (de 15 000 a 50 000 habitantes) (SEMARNAT 2013), por lo que el valor de la GPC en Xico, se acerca más a valores de localidades semirurales y rurales. Lo anterior, debido a que la GPC determinada para Xico fue muy similar a aquellas obtenidas para ocho localidades de este tipo, ubicadas en la Laguna de Cuitzeo de Michoacán, cuyos valores variaron de 0.289 a 0.57876 kg/hab/día (Buenrostro e Israde 2003).

Con respecto a la estimación realizada por estrato socioeconómico, los resultados de la GPC revelaron la siguiente distribución: 0.511 kg/hab/día para el estrato residencial, 0.424 kg/hab/día para el medio y 0.318 kg/hab/día para el popular, lo que confirmó que a mayor estrato socioeconómico, mayor es la GPC,

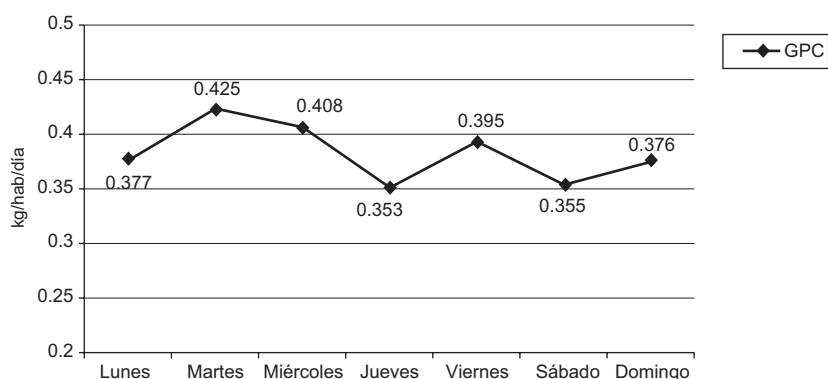


Fig. 2. Comportamiento de la GPC en la semana

como era de esperarse. Esta tendencia coincidió con los resultados obtenidos en un estudio realizado en Chihuahua para los tres estratos socioeconómicos (Gómez *et al.* 2008).

En la **figura 2** se muestra el comportamiento de la GPC promedio durante la semana de muestreo en la localidad de Xico, y se puede observar que la generación más alta fue el día martes, disminuyendo hasta el valor más bajo el jueves, después aumentó el viernes para volver a disminuir el sábado. El domingo y el lunes fueron los días en que se mantuvo constante la GPC. Esto puede atribuirse a que el mayor porcentaje de la población corresponde al estrato popular, que generalmente recibe su salario el fin de semana, por lo que la generación de RSD va disminuyendo a medida que transcurría la semana. Este comportamiento coincidió con lo reportado en un estudio realizado en la ciudad de Progreso Yucatán, en donde la mayor generación se presentó entre los días lunes a miércoles y la menor generación los viernes y sábados (Xool *et al.* 2006). De esta forma se confirma que el día de la semana tiene influencia en la generación de residuos (De Medina *et al.* 2013).

En la **figura 3** se muestra el comportamiento que presenta la GPC durante la semana, para cada estrato socioeconómico. En ella se puede observar que en los tres casos la GPC presentó una variación mínima de lunes a viernes. En el estrato residencial se observa un ligero decremento durante el sábado y domingo, manteniéndose prácticamente constante en el medio y popular. Por lo tanto, si existen diferencias entre los estratos acorde a lo reportado en otras publicaciones (De Medina *et al.* 2012).

Composición de los RSD

En la **figura 4** se muestra que los porcentajes de los diez principales subproductos obtenidos en el muestreo en la localidad en estudio fueron mayores al 1.5 %. Además, se incluyeron la categoría “varios”, integrada por trapo, loza, cerámica, hueso, poliestireno, papel encerado, cartón encerado, madera y material ferroso, y la categoría “otros” constituida por residuos mezclados de diversos materiales que por su reducido tamaño y difícil separación incluyeron empaques multicapas, polímeros termoplásticos, fragmentos de aparatos eléctricos, focos y pequeños fragmentos de papel y plásticos.

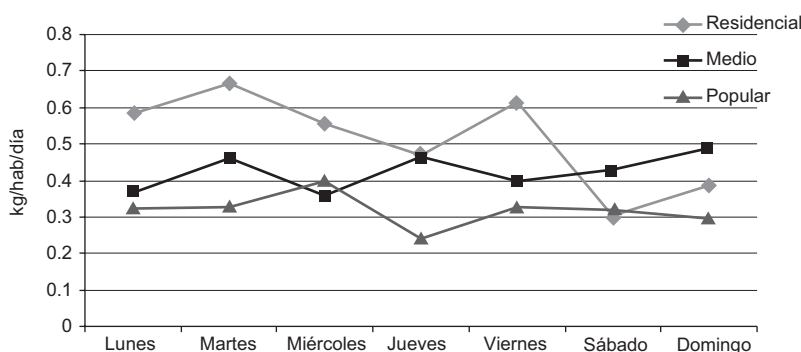


Fig. 3. Comportamiento de la GPC por estrato

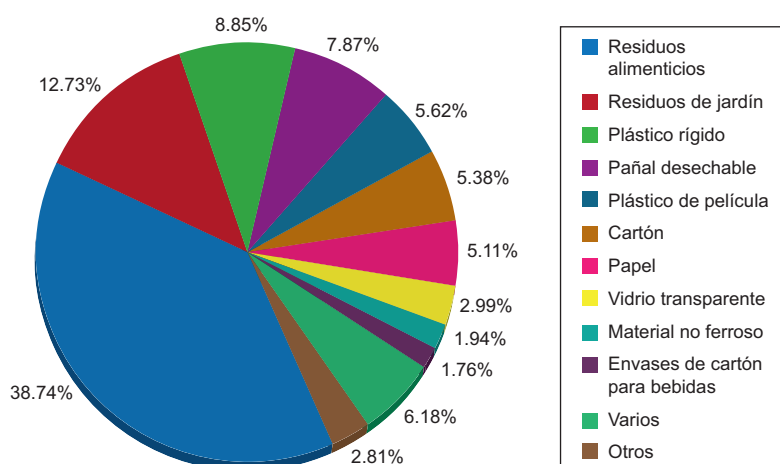


Fig. 4. Composición de RSD en Xico

De la **figura 4** también se puede deducir que la suma de los porcentajes de los residuos alimenticios (38.74 %) y de los residuos de jardín (12.73 %) es de 51.47 %, que corresponde a un valor muy similar a la media nacional del 53 % (SEMARNAT 2009) y menor (45 %) a lo reportado por otros autores para zonas metropolitanas (Gómez 2009). Tal situación se debe probablemente a que en las localidades urbanas pequeñas la mayor parte de las viviendas cuentan con áreas verdes, situación que difiere de los grandes centros urbanos.

En este estudio se utiliza la clasificación de residuos del PNPGIR (2009) que los agrupa en potencialmente reciclables (cartón, papel, vidrio, metal, plásticos) y no aprovechables (trapo, residuos de madera, cuero, etc.). El objetivo de esta clasificación es identificar los residuos fácilmente comercializables de aquellos que no reúnen estas características.

Dentro de los residuos potencialmente reciclables destaca la alta generación del plástico rígido y de película, en virtud de que el porcentaje obtenido para Xico fue del 14.47 %, que difiere significativamente del valor reportado para la media nacional de tan sólo el 4 %. Sin embargo, el valor encontrado en Xico también es muy similar al reportado en la localidad de Progreso en el estado de Yucatán, con un porcentaje del 12.82 % (Xool *et al.* 2006) clasificada también como localidad urbana pequeña.

En cuanto al cartón y el papel, el porcentaje obtenido en Xico fue del 10.49 %, menor al 14 % reportado a nivel nacional, debido probablemente a las precarias condiciones del nivel de ingresos y a las actividades económicas de esta localidad.

Al comparar los resultados de la generación de plástico y papel obtenidos en Xico (19.58 %) con respecto a los valores reportados para ciudades alta-

mente industrializadas (29 %) (Xiao *et al.* 2007), se observa que las localidades urbanas pequeñas presentan un menor uso de plásticos y papel, relacionado posiblemente con su estilo de vida.

El porcentaje de vidrio para Xico fue del 3.93 %, menor al 6 % reportado para la media nacional, lo cual puede atribuirse a que los envases de vidrio se han venido sustituyendo por materiales plásticos. De hecho, en países como los Estados Unidos de América, la generación de vidrio resultó menor en un 50 %, pues en 2008 sólo generaron 2 % (USEPA 2008), lo cual es un reflejo de que los envases de vidrio cada día se utilizan menos, pues han sido sustituidos por otros materiales de plástico o envases de cartón para bebidas.

El porcentaje de metales de 2.23 % obtenido para Xico, fue inferior a la media nacional (3 %) y al reportado para Progreso (Xool *et al.* 2006) con valor de 2.99 %. Sin embargo, fue prácticamente idéntico al reportado para la ciudad de Manmunai en el distrito norte de Batticaloa en Sri Lanka con 2.33 % (Sivakumar y Sugirtharan 2010).

Por todo lo anterior, en la categoría de residuos potencialmente reciclables, incluyendo los subproductos de plástico rígido y de película, cartón, papel, vidrio transparente y de color, material no ferroso y ferroso, suman un total de 31.12 %, porcentaje ligeramente mayor al reportado a nivel nacional de 28 %.

Por lo que corresponde a los residuos no aprovechables, destacan los pañales y los envases de cartón multicapas para bebidas, por los altos porcentajes encontrados para la localidad de Xico. En cuanto a la generación de pañales, el porcentaje encontrado para Xico fue de 7.87 % y no se reporta valor para la media nacional. Este valor fue coincidente

al reportado para Progreso, Yucatán con 7.24 % (Xool 2006) pero mayor al reportado para la zona metropolitana de Ensenada, Baja California, con un 6.96 % (Aguilar 2010). El valor encontrado puede atribuirse al elevado índice de hacinamiento (4.62) y a la alta población infantil en Xico. En cuanto a la generación de envases de cartón multicapas para bebidas, el valor obtenido para Xico fue de 1.76 %, sin contar con datos reportados para la media nacional, aunque en estudios similares que agrupan estos envases y otros similares, se obtienen valores que van desde el 5.74 % en el estrato socioeconómico popular para ir disminuyendo en el estrato medio a 2.56 % y en el bajo a 2.34 % (Aguilar 2010), lo cual refleja que la generación en grandes centros urbanos es muy superior a las localidades urbanas pequeñas, probablemente debido al estilo de vida.

Por lo tanto, el porcentaje de los residuos no aprovechables obtenido para Xico fue de 17.41 %, ligeramente inferior a la media nacional de 19 %.

Finalmente, en el **cuadro II** se presentan los resultados de la composición de los RSD, para los tres estratos socioeconómicos así como el promedio ponderado.

Como era de esperarse, los porcentajes de residuos alimenticios se incrementaron prácticamente conforme al nivel del estrato socioeconómico, puesto que los valores fueron de 33.18 para el nivel popular y de 44.22% para los niveles medio y residencial, lo que coincide con lo reportado por Gómez *et al.* (2008).

En cuanto a los residuos potencialmente reciclables, los resultados revelaron que los porcentajes de papel (6.02 %), cartón (11.27 %) y vidrio (5.42 %) en el estrato residencial fueron mayores. Sin embargo, en el caso de los plásticos, el mayor porcentaje se presentó en el estrato popular (15.68 %) así como metales ferrosos y no ferrosos, en los estratos popular (2.13 %) y medio (2.45 %).

En cuanto a los residuos no aprovechables, el estrato popular presentó el mayor porcentaje de pañales

CUADRO II. RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RSD EN XICO, CLASIFICADO POR ESTRATOS

Número	Subproductos	Popular (%)	Medio (%)	Residencial (%)	Promedio ponderado
1	Algodón	0	0	0	0.00
2	Cartón	4.59	4.63	11.27	5.61
3	Cartón encerado	0.4	0.24	1.19	0.46
4	Cenizas	0.43	0	0	0.22
5	Cuero	0	0.01	0	0.00
6	Fibras sintéticas	0.14	0.11	0.01	0.11
7	Hueso	0.49	0.96	0.75	0.69
8	Hule	0.06	0.06	0	0.05
9	Loza y cerámica	1.17	0.06	0.11	0.62
10	Madera	0.25	0.72	0.15	0.40
11	Material de construcción	0.19	0.03	0.23	0.14
12	Material ferroso	0.31	0.38	0	0.29
13	Material no ferroso	1.82	2.07	2.12	1.95
14	Medicinas	0.13	0.09	0.02	0.10
15	Otros	4.14	1.57	1.46	2.84
16	Pañal desechable	10	7.73	0.66	7.80
17	Papel	5.51	4.94	4.45	5.15
18	Papel encerado	0.3	0.23	1.57	0.47
19	Plástico de película	6.18	4.82	6.11	5.69
20	Plástico rígido	9.06	9.42	6.8	8.85
21	Poliuretano	0.01	0.06	0	0.03
22	Poliestireno	0.43	0.5	0.4	0.45
23	Residuos alimenticios	33.18	44.22	42.26	38.41
24	Residuos de jardín	14.36	10.56	11.74	12.64
25	Residuos peligrosos	0.09	0.12	0.01	0.09
26	Tetrapack	1.45	1.89	2.5	1.76
27	Trapo	1.59	0.7	0.77	1.16
28	Vidrio de color	0.5	1.11	2.06	0.95
29	Vidrio transparente	3.22	2.77	3.36	3.08
Total		100	100	100	100

(10 %), en comparación con el valor obtenido en el estrato medio (7.73 %) y significativamente mayor que en el estrato residencial (0.66 %). Para el caso de los envases multicapas de cartón para bebidas, la mayor generación se obtuvo en el estrato residencial (2.5 %), en comparación con los estratos medio (1.89 %) y popular (1.45 %). Los valores obtenidos resultaron congruentes con el nivel socioeconómico de las viviendas. Diversos estudios indican que en el estrato popular el número de hijos es mayor con respecto a los niveles socioeconómicos más altos (CELADE-CEPAL 2004), consecuentemente, la generación de pañales es superior en este estrato, mientras que la alta generación de envases de cartón multicapas para bebidas se justifica en el nivel residencial por su alto poder adquisitivo.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, la GPC obtenida de 0.384 kg/hab/día para la localidad de Xico, resultó estadísticamente menor que la reportada por SEMARNAT para localidades urbanas pequeñas, lo que sugiere que esta dependencia puede estar sobrestimando la GPC en este tipo de localidades.

En cuanto a su composición, los resultados revelaron que existe congruencia con los porcentajes reportados para la media nacional, agrupados por materia orgánica, residuos potencialmente reciclables y residuos no aprovechables. Sin embargo, destacó el alto porcentaje de plástico que se está generando en esta localidad, con relación a la media nacional, lo que consecuentemente ha originado el desplazamiento en la generación del vidrio. Además, resultó de interés encontrar que dentro de los materiales reciclables pero con mayor grado de dificultad, los pañales desechables y los envases de cartón multicapas para bebidas destacaron por su alta generación, lo que indica que deben encaminarse esfuerzos por analizar alternativas viables para la valorización de estos residuos.

Finalmente, las estimaciones realizadas para la generación y composición por estratos en la localidad de Xico, demostraron que la GPC es mayor, en cuanto al nivel socioeconómico es mayor. En relación con su composición, también se obtuvieron resultados congruentes, dado que en el estrato residencial se generó el mayor porcentaje de residuos potencialmente reciclables y de materia orgánica. Finalmente, destaca la alta generación de pañales desechables en el estrato popular, especialmente en comparación con el estrato residencial. Es deseable realizar estudios adicionales de generación y composición durante las cuatro

estaciones del año, para conocer el comportamiento de estos parámetros que permitan contar con información precisa para la gestión integral de los RSD.

REFERENCIAS

- Aguilar V.Q., Armijo D.V.C., Taboada G.P.A. y Ojeda B.S. (2010). Municipal solid waste generation and characterization in Ensenada, Mexico. *The Open Waste Management Journal* 3, 140-145.
- Buenrostro O. e Israde I. (2003). La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 19, 161-169.
- Buenrostro O., Bocco G. y Bernache G. (2007). Urban solid waste generation and disposal in Mexico: a case study. *Waste Manage. Res.* 19, 169-176.
- CONAGUA (2007). Datos Básicos del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS). Comisión Nacional del Agua. Manual. México, D.F. 87 pp.
- De Medina S. L., Castillo E., Romero L.R. y Jamed B.L.O. (2013). Analysis of the daily per capita generation of municipal solid waste in the central region of Veracruz, México, using a statistical experimental design. *Waste Manage.* 33, 251-254.
- De Medina S.L., Castillo G.E., Romero L.R. y Jamed B.L.O. (2012). Analysis of the per capita generation of municipal solid waste by socioeconomic strata in Veracruz, México, using a statistical experimental design. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 6, 138-146.
- Dong Q., Soon K. y Gersberg R. (2010). Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges. *J. Environ. Manage.* 91, 1623-1633.
- Durán A. (2013). Mexico city's municipal solid waste characteristics and composition analysis. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29, 39-46.
- Gómez G., Meneses M., Ballinas L. y Castells F. (2009). Seasonal characterization of municipal solid waste in the city of Chihuahua, Mexico. *Waste Manage.* 29, 2018-2024.
- Gómez G., Meneses M., Ballinas L. y Castells F. (2008). Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico. *Waste Manage.* 28, 2465-2471.
- González C. y Buenrostro O. (2012). Urban solid waste composition in two sites of confinement. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28, 13-18.
- INAFED (2010). Los Municipios de Veracruz. Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal. Gobierno del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. México. [en línea]. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM30veracruz/> 22/05/2013.

- INE (1997). Estadísticas e indicadores de inversión sobre residuos sólidos municipales en los principales centros urbanos de México. Instituto Nacional de Ecología. Coordinación de Participación Social y Publicaciones del INE. México, D. F., 61 pp.
- INEGI (2010). México en cifras. Veracruz de Ignacio de la Llave. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [en línea]. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487> 26/05/2013.
- LFD (2012). Ley Federal de Trabajo. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 30 noviembre 2012. México D.F., 235 pp.
- Montgomery D. C. (2008). Control estadístico de la calidad. 3ª Ed. Limusa Wiley. México D.F., 797 pp.
- CELADE-CEPAL (2004). Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía Comisión Económica para América Latina y el Caribe. La fecundidad en América Latina: ¿transición o revolución? Organización de las Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile, 497 pp.
- Rosiles C.B.G. (2008). Jornadas hacia un desarrollo habitacional sustentable, Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), México. [en línea]. <http://www.canadevallemexico.org.mx/pdf/s/df/dependencias/jornadasDeSustentabilidad/MIERCOLES18JUNIO/DESARROLLO%20URBANO%20SEDESOL.pdf>. 22/05/2013.
- SHCP (2013). Secretaría de Hacienda y Crédito Público. México. [en línea]. http://www.sat.gob.mx/sitio_internet/asistencia_contribuyente/informacion_frecuente/salarios_minimos/45_17119.html. 12/12/2013.
- SECOFI (1985a). Norma Mexicana NMX-AA-061-1985 Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación 8 de agosto de 1985.
- SECOFI (1985b). Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. 18 de marzo de 1985.
- SEDESOL (2013). Catálogo general de localidades. Resumen municipal. Municipio de Cosautlán de Carvajal. Veracruz de Ignacio de la Llave. Unidad de Microrregiones. Dirección General Adjunta de Planeación Microrregional. Secretaría de Desarrollo Social. México. [en línea]. <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=30&mun=046>. 22/05/2013.
- SEFIPLAN (2013). Secretaría de finanzas y Planeación del Estado de Veracruz. Cuadernillo Municipal Xico 2013. [en línea]. <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2013/04/Xico.pdf> 11/12/2013.
- SEMARNAT (2013). Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental edición 2012. México. [en línea]. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html. 11/07/2013
- SEMARNAT (2009). Programa nacional para la prevención y gestión integral de residuos 2009-2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 2 de octubre, 2009. México D.F., 174 pp.
- SEMARNAT (2007). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última reforma publicada. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 19 de junio, 2007. México D. F, 214 pp.
- SEMARNAT (2006). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Editorial del Deporte Mexicano. México D. F., 112 pp.
- Sivakumar K. y Sugirtharan M. (2010). Impact of family income and size on per capita solid waste generation: a case study in Manmunai north divisional secretariat division of Batticaloa. J. Sci. Univ. Kelaniya 5, 13-23
- Xiao Y., Bai X., Ouyang Z., Zheng H. y Xing F. (2007). The composition, trend and impact of urban solid waste in Beijing. Environ. Monit. Assess. 135, 21-30 DOI 10.1007/s10661-007-9708-0.
- USEPA (2008). Municipal solid waste generation, recycling and disposal in the United States: Facts and Figures for 2008. United States Environmental Protection Agency. Reporte. Washington, DC. 12 pp.
- Xool K., Sarmiento F. y Canto E. (2006). La situación del manejo de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Progreso Yucatán. "Memorias". 11º Encuentro nacional sobre desarrollo regional en México. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., (AMECIDER). Mérida, Yuc. 7 al 10 de noviembre. CD.