

La problemática del manejo de los residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas

Germaín A. Castañeda Delgado*

Aldo A. Pérez Escatel**

Resumen: los objetivos de la presente investigación son determinar la cantidad de residuos sólidos generados en seis municipios del estado de Zacatecas, México, y comparar su composición porcentual en peso y volumen. Los resultados muestran la complejidad para el tratamiento y la disposición final de residuos sólidos en los municipios rurales y urbanos, debido a los grandes volúmenes generados y a los cambios en los patrones de consumo, que revelan la necesidad de emprender proyectos enfocados a su reducción, reciclaje, reutilización y valorización energética en los municipios analizados, además pueden servir para evaluar el inicio de acciones conjuntas entre ciudadanos y autoridades municipales para su tratamiento y disposición final. Esta investigación pretende contribuir al entendimiento de los problemas asociados a la disposición final de residuos en el estado de Zacatecas.

Palabras clave: residuos sólidos municipales, residuos orgánicos, residuos inorgánicos, Zacatecas.

* Maestría en población y desarrollo en la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Privada Granate # 20, Mina Azul, Guadalupe, C. P. 98605. Zacatecas, México. Teléfono: (437) 100 2247. Correo electrónico: germain_castaneda@yahoo.com

** Docente-investigador de la Unidad Académica de Economía en la UAZ. Privada Granate # 20, Mina Azul, Guadalupe, Zacatecas, México. C. P. 98605. Teléfono: (492) 122 4313 Correo electrónico: aldoalejandrop@hotmail.com

Abstract: the present research aims to determine the amount of solid waste generated by six municipalities in the State of Zacatecas, Mexico, and compare their percentage composition by weight and volume. The results show the complexity of treatment and disposal of solid waste (sw) for both rural and urban municipalities, due to the large amount of sw generated, as well as changes in consumption patterns. This research also reveals a high potential to initiate sw reduction, recycling, reuse and energy recovery projects in the municipalities analyzed. It can also serve as an aid to evaluate the beginning of joint municipal action for the treatment and disposal of waste. This research aims to contribute to the understanding of the problems associated with waste disposal in the State of Zacatecas.

Key words: municipal solid waste, organic waste, inorganic waste, Zacatecas.

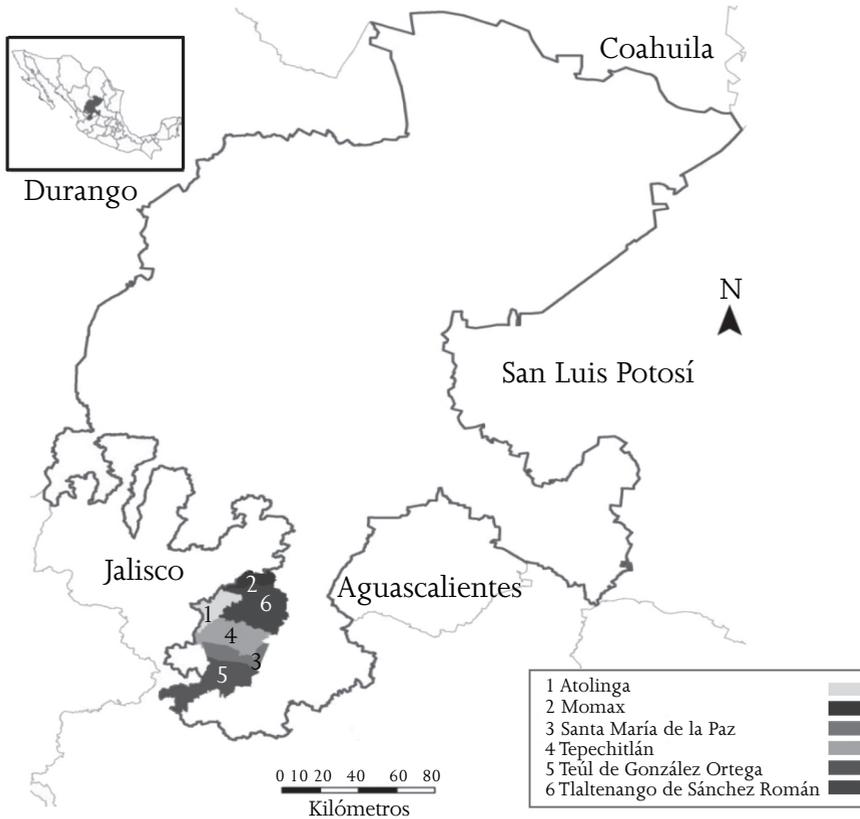
Introducción

Los objetivos de la presente investigación son comparar la generación de los residuos sólidos (RS) producidos en seis municipios de Zacatecas (Atolinga, Momax, Santa María de la Paz, Tepechtlán, Teúl de González Ortega y Tlaltenango de Sánchez Román), en la región económica conocida como Cañón de Tlaltenango (véase figura 1), además de caracterizar su composición en peso y volumen. Esto, para saber si existe alguna relación entre la autoridad municipal competente con el manejo ambiental de los RS; para lograrlo se utilizaron las metodologías referidas en las normas oficiales mexicanas (NOM): NMX-AA-015-1985; NMX-AA-019-1985; NMX-AA-022-1985 y NMX-AA-091-1987.

Para la mayoría de los municipios mexicanos, la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos representa grandes retos debido a que operan con recursos limitados, tanto financieros como de infraestructura (Soto 2013). Por tanto, se hace necesaria

Figura 1

Municipios estudiados



Fuente: elaboración propia, modificado del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2005).

“la construcción y operación de rellenos sanitarios en sitios adecuados, en donde se mitiguen los impactos causados, minimizando la contaminación al ambiente y evitando todo tipo de molestias a la población o riesgos a la salud” (Kiss y Aguilar 2006, 40).

En México, el artículo 115 constitucional, en su fracción III inciso c, abarca la obligatoriedad de los municipios mexicanos a la limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de

residuos. Por tal motivo, fue necesario implementar la NOM-083-SEMARNAT-2003, que refiere las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño y construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos. Entre los requisitos indicados por la NOM-083 destaca el mandato a los municipios para que realicen estudios de generación y caracterización de sus RS, sin embargo, una de sus principales fallas es que no especifica cómo deben hacerse ni remite a las normas donde se explica el procedimiento, por ello la pertinencia de la presente investigación.

En el estado de Zacatecas no se conocen estudios que determinen la cantidad y composición de los RS generados, faltan además datos confiables y sistemáticos sobre su producción y manejo, lo cual dificulta la operatividad de los órganos municipales encargados de tal función, así se reconoce en la exposición de motivos de la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas, publicada en octubre de 2010, en el *Periódico Oficial del Estado de Zacatecas*. Vale la pena señalar que tampoco este instrumento jurídico refiere la forma en la que deberán realizarse los estudios sobre la generación y caracterización, ni remite a las normas establecidas para ello.

Este trabajo se organiza en cinco apartados, el primero contiene una introducción breve; en el segundo se revisa la literatura sobre estudios de generación y caracterización en México; en el tercero se describe la metodología empleada; en el cuarto se muestran los resultados obtenidos y, por último, se incluyen las conclusiones.

Revisión de la literatura

Los estudios de caracterización de los RS adquieren relevancia en México a raíz del incremento de la población, de los cambios en los patrones de consumo y de los recursos económicos limitados para explorar sistemas y tecnologías adecuadas para su reducción, recolección, tratamiento y disposición final (Buenrostro y Bocco 2004; Ibararán et al. 2003; Márquez et al. 2013). El aumento creciente de los RS y su mal manejo sigue generando contaminación de aguas, suelos y aire poniendo en riesgo la salud humana, y disminuyendo

la biodiversidad, debido a la mortandad de poblaciones animales y la contaminación de especies vegetales de importancia social y económica (Taboada et al. 2011). Para atender esta problemática, el gobierno mexicano estableció una serie de normas para manejar y controlar los RS (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI 1985; 1987; Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT 2003).

Por otra parte, las normas mexicanas, NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985, NMX-AA-061-1985 y NMX-AA-091-1987 son lineamientos técnicos de procedimientos opcionales para llevar a cabo estudios previos a la apertura, operación y clausura de un sitio de disposición final de RS. Sin embargo, éstos no se han considerado en los municipios de estudio, al menos no existen antecedentes sobre su aplicación.

La literatura revisada es reiterativa en señalar que la mayoría de los municipios mexicanos no se apega a la normatividad mexicana en el manejo y administración de los RS, donde la disposición final de la “basura” se efectúa, en gran parte, en tiraderos a cielo abierto que no cuentan con infraestructura y métodos que permitan prevenir la contaminación del aire, suelo y agua (Buenrostro y Bocco 2004; Buenrostro et al. 2009; Esquinca et al. 1997). Bernache (2009) señala que algunas de las causas son la falta de compromiso de los ayuntamientos, del personal capacitado y de los recursos económicos, además de los grandes volúmenes de RS generados. La mayoría de los estudios sobre la cuantificación y la caracterización de los RS se ha realizado principalmente en ciudades grandes (Taboada et al. 2011), y existe un enorme vacío de información sobre los municipios rurales.

En el mismo tenor, Buenrostro e Israde (2003) indican que en la década de 1990 se construyeron rellenos sanitarios en las principales ciudades de Michoacán, pero sin cumplir con las normas ambientales vigentes. Por lo que han contribuido poco a revertir el problema ambiental. Estos autores analizan los municipios michoacanos de la cuenca del lago de Cuitzeo, donde no hay vigilancia de los rellenos, los residuos hospitalarios son mezclados con los domésticos, al igual que los de la industria cárnica, de la elaboración y del entintado de telas y de la talabartería, lo que incrementa los

riesgos de contaminación del acuífero inmediato en el subsuelo de la zona. También se observó que la quema de los RS es una práctica común para disminuir su volumen y la presencia de fauna nociva. En la región de Pátzcuaro, Michoacán, Buenrostro et al. (2009) indican que igual que en otras zonas de esa entidad existe un desconocimiento generalizado de la problemática ambiental que atañe al manejo adecuado de los RS.

En la gran mayoría de los municipios mexicanos, la falta de apego a la normatividad ambiental vigente trae consigo repercusiones sociales y económicas, como es el caso de Mexicali. Allí se presentan serios problemas de contaminación del subsuelo por la carencia de zonas destinadas a basureros, el mal manejo y aplicación de agroquímicos en zonas agrícolas y la utilización de letrinas y descargas de fosas sépticas. Los trabajos de Ojeda et al. (2008) y Fierro et al. (2010) coinciden en subrayar el gran porcentaje de RS que se puede recuperar para su reutilización o reciclaje.

En general, la literatura indica que los datos sobre generación de RS y su composición son parámetros fundamentales para la planificación, diseño e implementación de los sistemas de manejo y administración de los mismos. Para atender dicha problemática, esta investigación pretende aportar elementos para un mejor manejo de los RS en los seis municipios mencionados del sur de Zacatecas, que fueron elegidos en función de sus características demográficas, a fin de tener elementos de comparación entre tres localidades urbanas (las cabeceras municipales de Tepechitlán, Teúl de González Ortega y Tlaltenango de Sánchez Román) y otras rurales, para verificar el comportamiento de consumo, ya que algunas cuentan con características similares, quizá por su cercanía geográfica. Por otra parte, existe la intención de emprender acciones conjuntas para el tratamiento de RS de los municipios de la región.

Metodología

La investigación de campo se llevó a cabo durante mayo y junio de 2011 tomando en cuenta las metodologías y procedimientos contenidos en las siguientes normas mexicanas de protección al ambien-

te en materia de RS: la NMX-AA-015-1985, que señala la forma para llevar a cabo el método de cuarteo para una muestra de RS, además especifica la cantidad que se va a caracterizar, establece que la muestra final deberá ser de un mínimo de 50 kg una vez cuarteada. Sin embargo, varios estudios citados por Taboada et al. (2011) señalan que la cantidad de la muestra puede variar de 20 kg a varias toneladas; en el mismo artículo se cita a Tchobanoglous et al. (1994), quienes refieren que los 90 kg no varían significativamente de las tomadas de los muestreos de hasta 770 kg. En la presente investigación se tomaron muestras semanales que rebasaran los 345 kg para cada municipio, y una vez cuarteadas pesaban entre 85 y 90 kg. Así, la norma NMX-AA-019-1985 refiere el procedimiento para determinar el peso volumétrico in situ de los RS de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_v = \frac{p}{v}$$

en donde:

P_v = peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m^3

p = peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en kg

V = volumen del recipiente, en m^3 .

La NMX-AA-022-1985 alude al procedimiento para realizar la cuantificación de subproductos y la forma para llevar los registros; la NMX-AA-061-1985 especifica un método para determinar la generación de RS municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio; la NMX-AA-091-1987 establece un marco de referencia en cuanto a los términos más empleados en el ámbito de la prevención y control de la contaminación del suelo originada por RS.

Para determinar la cobertura en los servicios de recolección se listaron las comunidades atendidas en las distintas rutas, y se contrastó esa información con los datos poblacionales del Censo de población y vivienda (INEGI 2010). Con el fin de saber los pesos totales generados, se utilizaron básculas públicas donde se pesó la totalidad de los RS producidos durante una semana en las rutas, método empleado por Buenrostro et al. (2009), Armijo de Vega et al. (2006)

y Ojeda et al. (2008). Durante el pesado se obtuvo la medición promedio de las capacidades ocupadas para los contenedores en las rutas recolectoras, de esta forma se determinaron los volúmenes generados. Una vez obtenidos los pesos y volúmenes semanales para cada municipio, se determinó el peso y volumen diario per cápita y el peso volumétrico.

Para la recolección de muestras se empleó un método alternativo al propuesto en la norma NMX-AA-061-1985; durante una semana se recogieron las premuestras de los domicilios de las diferentes rutas, de manera aleatoria, en camiones recolectores del servicio de limpieza municipal. Esto, sin hacer distinción de los estratos socioeconómicos, ya que al parecer en ninguno de los municipios analizados existía una clara diferenciación de ellos. Para determinar la cantidad se empleó esta fórmula:

$$PGRX = [(GpcX)(NhrX)]: 345kg$$

donde:

PGRX= proporción de la generación para la ruta x en kilogramos

Gpcx= generación per cápita del municipio x en kilogramos

Nhrx= número de habitantes de la ruta x

: proporcional a

La representatividad por habitante en la muestra se tomó de la norma NMX-AA-061-1985, donde refiere que a partir del riesgo seleccionado (α) se adopta un tamaño de muestra (véase figura 2).

Figura 2

Tamaño de la muestra de acuerdo al nivel de significancia

Tamaño de la muestra (n)	Nivel de significancia
115	0.05
80	0.1
50	0.2

Fuente: NMX-AA-061-1985, SECOFI.

Para el cálculo de la premuestra se tomaron en cuenta datos ya obtenidos como la generación per cápita para cada municipio (véase figura 3). Se recolectaron cantidades variables de RS, con un mínimo de 115 individuos por ruta, para cumplir con la norma. Los camiones recolectores pasan varias veces por los barrios y comunidades a lo largo de la semana, por tal motivo hubo necesidad de separar y marcar las muestras por días, por barrios y por comunidades a fin de evitar la duplicación y la posible alteración de resultados. Para obtener la premuestra total por municipio se utilizó la siguiente ecuación:

$$PTMA = \sum_{1}^{n} PGRX1, PGRX2, \dots PGRXn$$

donde:

PTMA= premuestra total del municipio A

PGRX= proporción de la generación para la ruta x en kg

Figura 3

Cantidades de residuos diarios y anuales per cápita por municipio

Municipio	Residuos diarios en kg	Residuos anuales en kg
Atolinga	0.54	197.36
Momax	0.51	186.2
Santa María de la Paz	0.47	170.63
Tepechitlán	0.5	181.32
Teúl de González Ortega	0.53	194.13
Tlaltenango de Sánchez Román	0.62	224.91

Fuente: elaboración propia.

Cuando ya se tuvieron las premuestras por ruta se procedió a mezclarlas en una sola pila, para después “cuartearlas”, como indica la norma NMX-AA-015-1985, luego se clasificaron los residuos tomando en cuenta lo indicado en la NMX-AA-022-1985, y se agruparon en cuatro categorías: a) reciclables orgánicos, b) reciclables

inorgánicos, c) no reciclables y c) residuos peligrosos. Posteriormente se pesaron los componentes, para lo que se usó una báscula de piso, con capacidad de 500 kg con sensibilidad de 10 gr, y una electrónica de plancha, con capacidad de 50 kg y sensibilidad de 5 gr. También se midió el volumen con recipientes graduados, y se cubicó el área ocupada.

Resultados y discusión

En la figura 4 se muestra que la diferencia entre la población total y la atendida es de más de 6 mil personas. De ahí surge el interrogante de qué sucede con esos RS que no son recolectados. Si se considera, por ejemplo, que en promedio hay una producción per cápita de 0.52 kg para los seis municipios, entonces se puede suponer que a diario se generan más de tres toneladas de residuos que no son recolectados. Esto abre la posibilidad de hacer nuevas investigaciones

Figura 4

Comparación municipal de la población que cuenta con servicio de recolección

Municipio	Población atendida	Porcentaje de población atendida por municipio	Porcentaje de población de la cabecera municipal	Población total del municipio	Población sin servicio del municipio
Atolinga	2 493	88	59	2 642	149
Momax	2 507	99	64	2 529	22
Santa María de la Paz	2 453	87	60	2 821	368
Tepechtlán	6 147	75	56	8 125	1 978
Teúl de González Ortega	5 177	94	61	5 506	329
Tlaltenango de Sánchez Román	22 133	87	64	25 493	3 360

Fuente: elaboración propia.

para conocer qué ocurre con el manejo y disposición final de los RS del área de estudio.

Los seis municipios recaban 8 465 toneladas de basura anuales, que ocupan 51 848 m³ (véase figura 5). Si se considera que la suma de la población de éstos representa apenas 3.27 por ciento de la total de Zacatecas, si se hiciera un ejercicio de estimación sería de 0.52 kg la cantidad promedio de RS per cápita producida por todos los pobladores de la entidad, aun y cuando se hiciera una subvaloración de los patrones de consumo similares, y sin integrar en el cálculo la basura que no se recolecta. Por lo tanto, en el estado se producirían 775.14 toneladas de basura por día, lo que representaría unas 283 mil toneladas al año. Si se realiza el mismo ejercicio con el volumen, se encontraría que la población total del estado generaría cerca de 1.5 millones de m³ anuales. Esto muestra la gravedad del problema, y a la vez resalta la necesidad de iniciar proyectos intermunicipales que mejoren la gestión de los RS, es decir, se subraya la urgencia de una planeación adecuada para su disposición final.

Figura 5

Resultados de pesos y volúmenes recolectados por municipio

Municipio	Cantidad en toneladas	Volumen anual en m ³	Cantidad recolectada diariamente en kg	Volumen diario en m ³	Densidad al momento del traslado en kg/m ³
Atolinga	492	4 223	1 348	12	121
Momax	467	3 792	1 389	11	123
Santa María de la Paz	409	3 336	1 217	10	123
Tepechitlán	1 115	7 296	3 317	22	153
Teúl de González Ortega	1 005	6 806	2 771	20	146
Tlaltenango de Sánchez Román	4 978	26 395	13 638	72	179
Totales	8 465	51 849	23 681	147	845

Fuente: elaboración propia.

Un dato importante es que al igual que en otras investigaciones, aquí se encontró que la generación per cápita de RS que se produce en las localidades rurales es menor que en las urbanas (véase figura 3). Como se puede observar, Tlaltenango de Sánchez Román muestra consumos per cápita superiores a los otros municipios, y es el que cuenta con más población urbana, alrededor de 17 mil habitantes.

En la figura 6 se muestra el peso expresado en porcentaje de la composición de los RS de los seis municipios. Los residuos orgánicos (de comida y de jardín) representan entre 47 y 59 por ciento del total de los recolectados, lo que indica la factibilidad de iniciar proyectos para producir compostas y programas de recuperación de suelos. Al ser esta zona eminentemente agrícola, se podrían implementar programas municipales de reducción de fertilizantes químicos, si se eliminara sólo la materia orgánica putrescible se disminuiría a la mitad la carga que transportan los camiones recolectores a los tiraderos, además se están desperdiciando recursos que se pudieran aprovechar. Si se considera que, en promedio, se tiene 53.7 por ciento de materia orgánica se traduciría en casi 4 545 toneladas anuales, con la posibilidad de ser aprovechadas en otras actividades productivas de la región.

El papel y el cartón representan entre 4.3 y 8.7 por ciento del peso, y proceden de envases y embalajes, en menor medida de papel impreso y para impresión, los cuales tienen un alto potencial de reciclaje, lo mismo sucede con los RS considerados inorgánicos reciclables, que en conjunto suman entre 23.18 y 32.76 por ciento. Llama la atención el peso de los plásticos, cuyo porcentaje es de entre 12.84 a 24.96, que en su mayoría son botellas de refresco y bolsas de alta y baja densidad. Es notorio el peso conjunto que puede alcanzar este tipo de plásticos, con un promedio de casi 1 600 toneladas anuales para los municipios en estudio. En peso le sigue el vidrio con 3.15 a 8.88 por ciento. En su gran mayoría en forma de botellas contenedoras de líquidos, y es alto el porcentaje de vidrio claro. Las latas y los metales ferrosos constituyen un porcentaje bajo del peso del total de los RS, según comentan los trabajadores del servicio de limpia, cada vez son más escasas, esto quizá se debe al aumento del precio de los metales, lo que hace que las personas las reciclen desde sus hogares.

Figura 6

Composición de residuos (peso en porcentaje)

Tipo de residuo	Atolinga	Momax	Santa María de la Paz	Tepechitlán	Teúl de González Ortega	Tlaltenango de Sánchez Román
Orgánicos reciclables						
Orgánicos compostables	50.46	54.64	59.02	47.00	58.53	53.14
Papel y cartón	4.23	5.18	8.42	6.20	7.85	6.13
Textiles	4.53	4.93	2.81	4.12	2.11	3.64
Otros orgánicos	2.05	1.30	0.76	0.00	2.25	1.02
Total	61.27	66.06	71.00	57.33	70.74	63.92
Inorgánicos reciclables						
Plástico	20.32	18.60	12.84	24.96	15.70	21.02
Vidrio	8.88	4.27	5.63	5.18	5.55	3.15
Latas y otros metales ferrosos	1.66	0.91	0.97	1.41	1.15	0.39
Aluminio	0.36	0.47	0.76	0.38	0.19	0.36
Tetrapack	0.48	0.45	0.16	0.83	0.59	0.53
Otros inorgánicos	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
Total	31.71	24.71	20.97	32.76	23.18	25.45
No reciclables						
Pañales y toallas sanitarias	5.43	6.60	6.58	7.39	5.02	7.06
Unicel (poliestireno)	0.57	0.78	1.03	0.70	0.19	0.47
Residuos electrónicos	0.20	0.75	0.15	0.38	0.00	0.70
Otros no reciclables	0.33	0.32	0.00	0.37	0.00	0.24
Total	6.53	8.44	7.76	8.84	5.22	8.47
Residuos peligrosos						
Residuos hospitalarios	0.20	0.10	0.22	0.77	0.22	2.04
Envases de plaguicidas y venenos	0.05	0.22	0.03	0.17	0.29	0.12
Pilas	0.01	0.01	0.02	0.13	0.02	0.07
Otros residuos peligrosos	0.24	0.44	0.00	0.00	0.33	0.00
Total	0.49	0.78	0.27	1.06	0.87	2.23

Fuente: elaboración propia, producto de la investigación.

Los materiales no reciclables constituyen un porcentaje importante del peso de los desperdicios que entran a los vertederos; varía entre 5.22 a 8.84, lo cual es alto ya que se trata en su mayoría de pañales y toallas sanitarias. Aquí se consideró en esta categoría al unigel (poliestireno expandido), que técnicamente hay maneras de reciclarlo en su totalidad, aunque es muy costoso. Estos productos son muy contaminantes para el ambiente, ya que no se degradan; se sabe que el estireno es cancerígeno y, además, cuando se quema, daña la capa superior de ozono.

Del total de los RS, los peligrosos son los de menor peso, sin embargo, se les debe poner especial atención, ya que son depositados en bolsas que van a parar al tiradero y representan un riesgo para la salud, primero para los trabajadores de limpia, ya que se puede entrar en contacto con agujas, jeringas y medicamentos caducados; en segundo lugar están las baterías, pues algunas contienen metales pesados y al terminar en los tiraderos el agua puede arrastrar esos contaminantes hasta las fuentes suministradoras del vital líquido y, tercero, los envases de venenos y plaguicidas que poseen un alto potencial de contaminación o que incluso aún contienen producto. En el municipio de Tlaltenango de Sánchez Román, los residuos hospitalarios se depositan en los camiones recolectores sin precaución o tratamiento especial, lo cual no sólo es ilegal, sino que representa un riesgo mayor para los trabajadores de limpia.

En la figura 7 se exponen los resultados del volumen en porcentaje de la composición de los RS de los seis municipios; los plásticos encabezan la lista; su porcentaje oscila entre 37.8 y 55.9. Sigue el unigel, entre 2.2 a 7.0 por ciento, principalmente se trata de poliestireno expandido proveniente de empaques protectores y platos y vasos desechables.

El papel y el cartón son los productos que ocupan más espacio en los vertederos, con porcentajes de 8.3 a 16.2. Los textiles entre 3.6 a 6.0, y se componen principalmente de ropa y telas. El vidrio y las latas metálicas ocupan un espacio considerable de acuerdo con los resultados obtenidos, lo que podría representar el motivo económico principal por el que son quemados los vertederos de la región, en busca de obtener el metal para reciclarlo.

Hay una variación en los porcentajes de RS producidos en los municipios, lo que muestra patrones de consumo de la población y da

Figura 7

Composición de residuos por característica de la zona de estudio
(volumen en porcentaje)

Tipo de residuo	Atolinga	Momax	Santa María de la Paz	Tepechitlán	Teúl de González Ortega	Tlaltenango de Sánchez Román
Orgánicos reciclables						
Orgánicos compostables	20.1	19.6	29.4	13.9	19.3	27.2
Papel y cartón	13.8	8.3	12.1	8.3	16.2	10.2
Textiles	4.6	3.6	5.5	3.9	6.0	3.8
Otros orgánicos	1.2	0.7	1.3	0.0	1.0	0.7
Total	39.6	32.3	48.3	26.1	42.5	41.9
Inorgánicos reciclables						
Plástico	49.8	49.2	39.5	55.9	37.8	38.5
Vidrio	3.1	2.1	2.2	2.5	3.4	1.2
Latas y otros metales ferrosos	1.6	3.3	2.1	2.4	6.4	1.8
Aluminio	0.3	0.6	0.4	0.8	0.4	1.9
Tetrapack	1.2	2.0	0.4	1.8	3.0	2.9
Otros inorgánicos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	56.1	57.3	44.6	63.4	50.9	46.3
No reciclables						
Pañales y toallas sanitarias	1.8	3.2	4.5	3.3	1.5	3.7
Unicel (poliestireno)	2.2	7.0	2.6	6.8	4.6	5.1
Residuos electrónicos	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8
Otros no reciclables	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Total	4.1	10.2	7.1	10.2	6.0	9.7
Residuos peligrosos						
Residuos hospitalarios, envases de plaguicidas y venenos, pilas y otros residuos peligrosos	0.2	0.2	0.0	0.2	0.5	1.9
Total	0.2	0.2	0.0	0.2	0.5	1.9

Fuente: elaboración propia.

pautas para planear e iniciar acciones para aumentar la vida útil de los vertederos, por medio de programas de reducción, reutilización, reciclaje, recuperación energética de los RS. Sin embargo, en ninguno de los municipios seleccionados existen programas orientados a una gestión integral de los residuos, que a largo plazo lleven al manejo sustentable o a la generación formal de empleos a partir de los RS.

Conclusiones

La composición de los RS para los municipios estudiados muestra un alto potencial para iniciar programas de concientización de la población en su manejo y separación, es decir, confinar a los “rellenos sanitarios” la basura que no es útil para nadie, y así reducir los impactos ambientales. Las administraciones municipales carecen de programas encaminados a la reducción, reutilización y reciclaje de los RS, que si los implementaran se podría reducir hasta 90 por ciento los residuos que llegan a los rellenos sanitarios.

Existe disposición de los municipios para ofrecer un mejor servicio a la población en la recolección y disposición final de residuos, sin embargo, uno de los problemas más graves que enfrentan es la falta de recursos económicos para realizar tales funciones. Como sucede con otras legislaciones, se elevan a rango constitucional las obligaciones de los municipios, pero no se acompañan de los recursos y la capacitación necesaria, tal es el caso del tratamiento y disposición final de residuos.

Falta implementar programas orientados a la gestión integral de residuos y capacitación al personal municipal en prácticas de manejo de RS. Están ausentes los programas de educación y concientización que generen un cambio de cultura ciudadana en esta materia. Aquí se mostró la necesidad de profundizar la investigación sobre la problemática de los RS en los municipios del estado de Zacatecas.

La quema de los basureros pareciera una falsa solución en el confinamiento de los RS, porque provoca contaminación del aire y el suelo, y de la que se beneficia un grupo pequeño de individuos, con la recuperación de metales y vidrios, acto a todas luces de irrespon-

sabilidad y negligencia de las autoridades municipales competentes. Falta mucho por hacer, pero de alguna forma investigaciones como la presente pueden dar la pauta para que los actores sociales y de la autoridad en turno se ocupen de solucionar la problemática.

Recibido en noviembre de 2013

Aceptado en junio de 2014

Bibliografía

- Armijo de Vega, Carolina, Sara Ojeda, Elizabeth Ramírez y Ana Luz Quintanilla. 2006. Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Revista Ingeniería x* (3): 13-21.
- Bernache, Gerardo. 2009. La basura sin rienda. Suplemento mensual La Jornada Ecológica. *La Jornada*. 1 de junio. <http://www.jornada.unam.mx/2009/06/01/eco-c.html>
- Buenrostro, Otoniel, Liliana Márquez y Sara Ojeda. 2009. Manejo de los residuos sólidos en comunidades rurales en México. Una visión de los generadores. Ponencia presentada en el II Simposio iberoamericano de ingeniería de residuos, Barranquilla, Colombia.
- _____ y Gerardo Bocco. 2004. La gestión de los residuos sólidos municipales en México. Retos y perspectivas. *Ciencia Nicolaita* 37: 89-106.
- _____ e Isabel Israde. 2003. La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 19 (4): 161-169.
- Esquinca, Froilán, José Luis Escobar, Agustín Hernández, Gabriel Sánchez y Héctor Suárez. 1997. Estudios de caracterización y generación de residuos sólidos municipales de cinco localida-

des de la costa del estado de Chiapas. Ponencia presentada en el Congreso nacional de ingeniería sanitaria y ciencias ambientales, Zacatecas.

Fierro, Aurora, Carolina Armijo, Otoniel Buenrostro y Benjamín Valdez. 2010. Análisis de la generación de residuos sólidos en un supermercado de la ciudad de Mexicali, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 26 (4): 291-297.

Gobierno del Estado de Zacatecas. 2010. Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas. *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas*. Zacatecas, México.

Ibarrarán, María Eugenia, Iván Islas y Eréndira Mayett. 2003. Valoración económica del impacto ambiental del manejo de residuos sólidos municipales: estudio de caso. *Gaceta Ecológica* 67: 69-82.

INEGI. 2010. Censo de población y vivienda 2010: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=32>

_____. 2005. Marco geoestadístico municipal: http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades/div_municipal/zacatecas.pdf

Kiss, Gabor y Guillermo Aguilar. 2006. Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica* 79: 39-51.

Márquez González, Antonio Romualdo, María Elena Ramos y Verónica Alejandra Mondragón. 2013. Percepción ciudadana del manejo de residuos sólidos municipales. El caso Riviera Nayarit. *región y sociedad* xxv (58): 87-121.

Ojeda, Sara, Gabriela Lozano, Margarito Quintero, Kevin Whitty y Christina Smith. 2008. Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana. Presentado en el I Simposio iberoamericano de ingeniería de residuos, Castellón, España.

SECOFI. 1987. NMX-AA-091-1987. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; terminología. SECOFI. Dirección General de Normas.

_____. 1985. NMX-AA-061-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; determinación de la generación. SECOFI. Dirección General de Normas.

_____. 1985. NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; muestreo; método de cuarteo. México: SECOFI. Dirección General de Normas.

_____. 1985. NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; peso volumétrico "in situ". México. SECOFI. Dirección General de Normas.

_____. 1985. NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; selección y cuantificación de subproductos. NMX-SECOFI. Dirección General de Normas.

SEMARNAT. 2003. NOM-083-SEMARNAT/2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. En *Diario Oficial de la Federación*, México: Secretaría de Gobernación.

Soto, Roberto. 2013. Finanzas públicas y crisis. En *América Latina: cómo construir el desarrollo hoy*, compilado por Gregorio Vidal et al., 345-358. España: Fondo de Cultura Económica.

Taboada, Paul, Quetzalli Aguilar y Sara Ojeda. 2011. Análisis estadístico de residuos sólidos domésticos en un municipio fronterizo de México. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 2 (1): 9-20.

