

LA GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (RS) EN SEIS MUNICIPIOS DEL SUR DE ZACATECAS

Germain A. Castañeda-Delgado¹

Aldo A. Pérez-Escatel²

Resumen

La presente investigación tiene como objetivos determinar la cantidad de residuos sólidos generados seis municipios del Estado de Zacatecas, México, y comparar su composición porcentual en peso y en volumen. Los resultados muestran la complejidad para el tratamiento y la disposición final de residuos sólidos (RS) tanto para los municipios rurales como urbanos por las grandes cantidades de RS generados y por los cambios en los patrones de consumo que, a la vez, revelan un alto potencial para iniciar proyectos de, reducción, reciclaje, reutilización y valorización energética de RS en los distintos municipios analizados, además puede servir como elemento para evaluar el inicio de acciones municipales conjuntas para el tratamiento y disposición final de residuos. 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, cantidad, composición.

Summary

The present investigation aims to determine the amount of solid waste generated by six municipalities of 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, on one side, due to the large amount of SW generated and, on the other side, changes in consumption patterns, in contrast, this investigation also, reveals a high potential to initiate projects of reduction, recycling, reuse and energy recovery of SW 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.

Keywords: Municipal solid waste, quantity.

¹ **Germain Abel Castañeda-Delgado** Maestría en Población y Desarrollo en la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Teléfono: (437) 100-22-47 Correo electrónico: germain.castaneda@yahoo.com

² **Aldo A. Pérez-Escatel** es doctor en Estudios del Desarrollo por la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Teléfono: (492) 122-43-13 Correo electrónico: aldoalejandrop@hotmail.com

Resumo

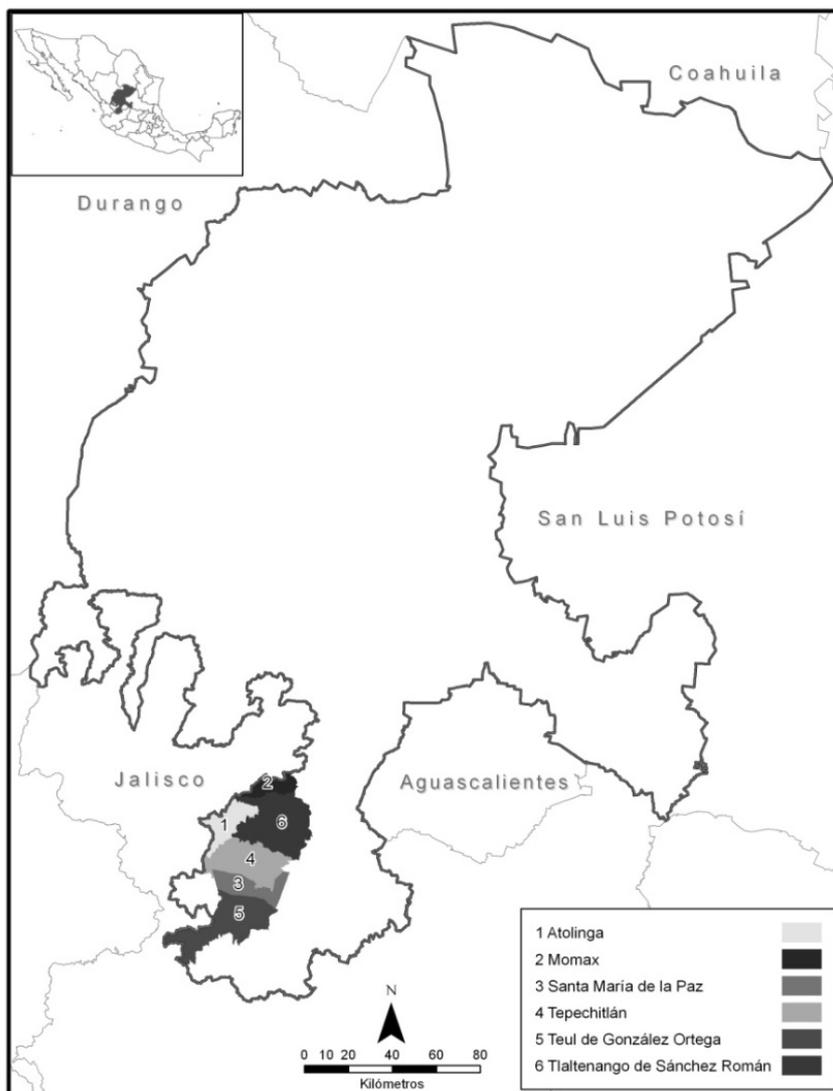
A presente investigação tem como objetivo determinar a quantidade de resíduos sólidos gerados seis municípios do Estado de Zacatecas, no México, e comparar sua composição percentual em peso e volume. Os resultados mostram a complexidade do tratamento e disposição de resíduos sólidos (RS) para os municípios rurais e urbanas de grandes quantidades de RS gerados e as mudanças nos padrões de consumo, por sua vez, revelam uma elevada potencial para iniciar projetos, redução, reciclagem, reutilização e valorização energética do RS nos diversos municípios analisados, ele também pode servir como entrada para avaliar o início de ação municipal conjunta para o tratamento e eliminação de resíduos. Esta pesquisa visa contribuir para a compreensão dos problemas associados com a eliminação de resíduos no Estado de Zacatecas.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, quantidade, composição.

Introducción

La presente investigación se llevó a cabo durante los meses de mayo y junio de 2011, tiene como objetivo comparar la generación y caracterizar la composición en peso y en volumen de los Residuos Sólidos (RS) producidos en seis municipios del Estado de Zacatecas, México, en la región económica conocida como el cañón de Tlaltenango, se analizaron los municipios de Atolinga, Momax, Santa María de la Paz, Tepechitlan, Teúl de González Ortega y Tlaltenango (Mapa 1) utilizando las metodologías y conceptos contenidos en Las Normas Oficiales Mexicanas: NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985 y NMX-AA-091-1987 (SECOFI 1985).

Mapa 1. Municipios estudiados



Fuente: Modificado de INEGI 2005 Marco Geoestadístico Municipal

Para la mayoría de los municipios rurales mexicanos, la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos, representa un reto enorme dados los limitados recursos con que operan, se hace necesaria la búsqueda de alternativas viables con el fin de disminuir los efectos contaminantes y encontrar opciones tendientes a minimizar la disposición final de residuos.

En México, el artículo 115 constitucional en su fracción III inciso c) obliga a los municipios mexicanos, a la limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. Por tal motivo, fue necesario implementar la Norma Oficial Mexicana Nom-083-SEMARNAT-2003 cuyo contenido versa sobre 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, en el punto 6.4 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, de allí la pertinencia de éste estudio.

En el Estado de Zacatecas no se conocen estudios que determinen la cantidad y composición de los residuos generados, faltan además datos confiables y sistemáticos sobre la producción y manejo de residuos sólidos, lo cual dificulta su planeación, así se reconoce en la exposición de motivos de la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas publicada apenas el 16 de octubre del 2010 en el Periódico Oficial del Estado de Zacatecas, es relevante anotar que tampoco esta Ley menciona la forma como deberán realizarse los estudios de generación y caracterización ni remite a las normas establecidas para ello.

El estudio se realiza en cuatro apartados, en el primero, se realiza una revisión de la literatura sobre estudios de generación y caracterización en México; en el segundo, se describe la metodología empleada para la realización de la investigación, en el tercer apartado se muestran los resultados obtenidos y en por último se expresan las conclusiones.

1. Revisión de la literatura

Los estudios de caracterización de los residuos sólidos (RS) adquieren gran relevancia 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.

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 por mortandad de poblaciones animales y contaminación de especies vegetales de importancia social y económica (Taboada, Aguilar y Ojeda, 2011). A causa de esta problemática el gobierno mexicano estableció una serie de normas para manejar y administrar los RS.

Las Normas Mexicanas, NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985 NMX-AA-061-1985 y NMX-AA-091-1987 (SECOFI 1985), 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, estos lineamientos no se han considerado en los municipios de estudio.

La literatura encontrada 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. Bernache (2009) señala que algunas de las causas son la falta de compromiso de los ayuntamientos, falta de personal capacitado, la carencia de recursos económicos y los grandes montos generados de RS.

La mayoría de los estudios sobre cuantificación y caracterización de los residuos sólidos se ha realizado principalmente en grandes ciudades (Taboada *et al*, 2011). Esquinca *et al*. (1997) advierten que esta problemática es igual en todos los municipios del estado de Chiapas y en las 30 principales localidades se cuenta con cobertura de recolección de aproximadamente 70%, donde la disposición final de la “basura” se efectúa en tiraderos a cielo abierto que no cuentan con infraestructura y métodos que permitan prevenir la contaminación del aire, suelo y agua.

En el mismo tenor Buenrostro e Israde (2003) indican que en la década de los noventa de siglo pasado se construyeron rellenos sanitarios en las principales ciudades de Michoacán sin cumplir con las normas ambientales vigentes. Por lo que estos rellenos poco han contribuido a revertir el problema ambiental. En su trabajo Buenrostro e Israde (2003) analizan los municipios michoacanos de la cuenca del lago de Cuitzeo, donde encuentran que no hay vigilancia de los rellenos, los residuos hospitalarios son mezclados con los domésticos, al igual que residuos provenientes 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 residuos sólidos es una práctica común para disminuir su volumen y la presencia de fauna nociva. Otra investigación para el estado de Michoacán, en la región de Pátzcuaro (Buenrostro, Márquez y Ojeda, 2009) indica que igual que en otras zonas del Estado existe un desconocimiento generalizado de la problemática ambiental que atañe a los residuos sólidos.

En municipios de mayor tamaño la falta de apego a la normatividad trae mayores repercusiones sociales y económicas, como es el caso de Mexicali. Allí se presentan serios problemas de contaminación del subsuelo por la falta de zonas destinadas a basureros, del mal manejo y aplicación de agroquímicos en zonas agrícolas y de la utilización de letrinas y

descargas de fosas sépticas (Ojeda, *et al.* 2008). Los trabajos de Ojeda *et al.* (2008) y Fierro *et al.* (2010) coinciden en subrayar el gran porcentaje de residuos que pueden ser recuperados para su reutilización y/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 RS. A razón de esta problemática la presente investigación tiene como fin aportar elementos para un mejor manejo de los residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas: Atolinga, Momax, Santa María de la Paz, Tepechitlan, Teúl de González Ortega y Tlaltenango de Sánchez Román, que fueron elegidos en función de sus características demográficas a fin de tener elementos de comparación entre una comunidad urbana (Tlaltenango) y otras rurales para verificar los hábitos de consumo ya que algunas cuentan con características similares, además por su cercanía geográfica, ya que existe la inquietud de emprender acciones conjuntas para el tratamiento de RS entre los distintos municipios.

2. Metodología

Para la realización de este trabajo se tomaron en cuenta las metodologías y procedimientos contenidos en las siguientes Normas Mexicanas de protección al ambiente en materia de residuos sólidos:

La norma NMX-AA-015-1985 (SECOFI 1985) Señala el procedimiento para llevar a cabo el método de cuarteo para una muestra de RS, además especifica la cantidad que ha de caracterizarse, establece que la muestra final a caracterizar deberá ser mínimo de 50 kilogramos una vez cuarteada. Sin embargo varios estudios citados por Taboada-González et al (2011) mencionan que la cantidad de la muestra puede variar desde los 20 kilos hasta varias toneladas, en el mismo artículo, se cita también lo que nos dice el autor Tchobanoglous et al. (1994) que las muestras de 90 kg no varían significativamente de las tomadas de los muestreos de hasta 770 kilogramos. En éste estudio se tomaron muestras semanales que rebasaran los 345 kg para cada municipio, así una vez cuarteadas pesaban entre 85 y 90 kilogramos.

La Norma NMX-AA-019-1985 (SECOFI 1985): marca el procedimiento para determinar el peso volumétrico in situ de los residuos sólidos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P_v = \frac{P}{V}$$

en donde:

P_v = Peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m³

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

V = Volumen del recipiente, en m³

La Norma NMX-AA-022-1985 (SECOFI 1985) menciona el procedimiento para realizar la cuantificación de subproductos y la forma para llevar los registros. La norma NMX-AA-061-1985 (SECOFI 1985) especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio.

La norma NMX-AA-091-1985 (SECOFI 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 residuos sólidos.

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 último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

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 diferentes rutas, método que ya había sido utilizado por Buenrostro *et al.* (1999), Armijo de Vega *et al.* (2006) y por Ojeda *et al.* (2008).

Durante el procedimiento de pesado se obtuvo la medición de las capacidades ocupadas promedio para los contenedores en las diferentes rutas recolectoras, de ésta forma se determinaron los volúmenes generados. Cuando se tuvieron 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 utilizó un método alternativo al propuesto en la norma NMX-AA-061-1985 (SECOFI 1985) como a continuación se describe: Durante una semana se recogieron las premuestras de las diferentes rutas sin hacer distinción de los estratos socioeconómicos ya que en ninguno de los municipios analizados existe una clara separación, las premuestras se obtuvieron aleatoriamente de los domicilios utilizando los camiones recolectores del servicio de limpia municipal. Para determinar la cantidad se usó la siguiente fórmula:

$$PGRX = \frac{[(GpcX)(NhrX)]}{345}$$

Donde:

PGRX = Proporción de la generación para la ruta X en kilogramos por habitante.

GpcX= Generación per cápita del municipio X en kilogramos.

NhrX= Número de habitantes de la ruta X

∝ Proporcional a

Obsérvese que se utilizó una muestra de 345 que representaba a los tres estratos socioeconómicos. La representatividad por habitante en la muestra se tomó de la norma NMX-AA-061-1985 (SECOFI 1985) donde menciona que a partir del riesgo seleccionado (⊗) se adopta un tamaño de muestra por estrato, con base en la siguiente tabla:

Riesgo () Tamaño de la muestra (n)

0.05	115
0.1	80
0.2	50

Para el cálculo de la muestra se tomo en cuenta datos previamente obtenidos como son la generación per cápita para cada uno de los municipios estudiados: Atolinga con 0.54 kg, Momax 0.51kg , Santa María de la Paz 0.47 kg, Tepechitlan 0.50 kg, Teúl de González Ortega 0.53 kg y Tlaltenango de Sánchez Román 0.62 kg. (Tabla 3). Tomando como base la población atendida por cada ruta y cumplir con la cantidad de 115 individuos por cada estrato socioeconómico requerido por la norma, valor de “n” para reducir al mínimo el riesgo, se recolectaron cantidades variables de RS para los municipios en función de la población atendida en las diferentes rutas. Los camiones recolectores pasan varias veces por los distintos barrios y comunidades a lo largo de la semana, por tal motivo hubo necesidad separar y marcar las muestras por días, por barrios y por comunidades a fin de evitar duplicarlas y alteraran los resultados. Para obtener la muestra total por municipio se utilizó la siguiente ecuación:

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

Donde:

PTMA= Muestra total del municipio A

PGRX = Proporción de la generación para la ruta X en kilogramos

Una vez que se tuvieron las premuestras por ruta se procedió a mezclarlas en una sola pila para posteriormente “cuartearlas” como indica la norma NMX-AA-015-1985 (SECOFI 1985), luego se realizó la clasificación de residuos tomando en cuenta lo indicado por la norma NMX-AA-022-1985(SECOFI 1985) agrupándose en cuatro grandes categorías: a) Reciclables Orgánicos, b) Reciclables Inorgánicos c) No reciclables y c) Residuos Peligrosos. Posteriormente se pesaron los componentes y procedió a medir el volumen ocupado. Para pesar los RS se utilizaron dos básculas, una de piso con capacidad de 500 kilogramos y sensibilidad de 10 grs. y una electrónica de plancha con capacidad de 50 kilogramos y sensibilidad de 5 grs. Para el cálculo del volumen se utilizaron recipientes graduados y se cubió el área ocupada. En el procesamiento y tratamiento estadístico de los datos se utilizó la plataforma de Microsoft Excel.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra que la diferencia entre población total y población atendida es de más de 6000 personas. De ahí surge la interrogante ¿Qué sucede con esos residuos sólidos que no son recolectados? Si tomamos, por ejemplo, que en promedio hay una producción *per cápita* promedio de 0.52 kilogramos para los seis municipios estudiados, entonces tenemos que diariamente se generan más de tres toneladas de residuos que no son recolectadas. Esto abre la posibilidad de hacer una revisión de las rutas establecidas en los diferentes municipios para detectar qué está sucediendo y buscar alguna solución.

Tabla 1. Comparación municipal de la población que cuenta con servicio de recolección					
<i>Municipio</i>	<i>Población atendida</i>	<i>Población atendida en porcentaje</i>	<i>Porcentaje de población de la cabecera municipal</i>	<i>Población total</i>	<i>Población sin servicio</i>
Atolinga	2493	88.02	59.47	2642	149
Momax	2507	99.13	64.29	2529	22
Santa María de la Paz	2453	86.95	59.69	2821	368
Tepechitlan	6147	74.83	55.99	8125	1978
Teúl de G.O.	5177	94.02	61.27	5506	329
Tlaltenango	22133	86.82	64.31	25493	3360
Totales	40910	529.77	365.02	47116	6206

Fuente: elaboración propia.

Los municipios estudiados recaban 8,465 toneladas de basura anuales que ocupan un volumen de 51,848 metros cúbicos (Tabla 3). Considerando que la suma de la población de los seis municipios representa apenas el 3.27 por ciento de la población total del Estado,

podemos realizar un ejercicio de estimación al asumir –aún subvalorando por considerar patrones de consumo similares y por no integrar en el cálculo las cantidades de basura que no se recolecta –, que 0.52 kilogramos es la cantidad de RS *per cápita* producida por todos los pobladores del Estado. Veríamos entonces, que en el estado de Zacatecas se producen 775.14 toneladas de basura por día lo que representaría 282,928 toneladas generadas al año. Realizando el mismo ejercicio con el volumen, encontramos que la población total del estado generaría anualmente 1 583,546 metros cúbicos. Esto muestra la gravedad del problema a nivel estatal y a la vez resalta la necesidad de iniciar proyectos intermunicipales que mejoren la gestión de los residuos sólidos. Es decir, se subraya la urgencia de una planeación adecuada para la disposición final de residuos sólidos.

Tabla 2. Resultados de pesos y volúmenes recolectados por municipio

<i>Municipio</i>	<i>Cantidad en toneladas</i>	<i>Volumen anual en metros cúbicos</i>	<i>Cantidad recolectada diariamente en kgs.</i>	<i>Volumen diario en metros cúbicos</i>	<i>Densidad al momento del traslado en kgs/m3</i>
Atolinga	492	4223	1348	12	121
Momax	467	3792	1389	11	123
Santa María de la Paz	409	3336	1217	10	123
Tepechitlan	1115	7296	3317	22	153
Teúl de González Ortega	1005	6806	2771	20	146
Tlaltenango	4978	26395	13638	72	179
Totales	8465	51849	23681	147	845
Fuente: elaboración propia.					

Un dato importante a señalar es que al igual que otras investigaciones, en este trabajo se encontró que la generación *per cápita* de residuos sólidos que se genera en los municipios rurales es menor que en los municipios urbanos (Tabla 3). Considerando que Santa María de la Paz, Tepechitlán, Momax, Teúl de González Ortega y Atolinga son municipios rurales y Tlaltenango que muestra consumos *per cápita* superiores es considerado un municipio urbano, de acuerdo a la clasificación del INEGI.

Tabla 3. Cantidades de residuos diarios y anuales *per cápita* por municipio

<i>Municipio</i>	<i>Residuos diarios en kg.</i>	<i>Residuos anuales en kg.</i>
Atolinga	0.54	197.36
Momax	0.51	186.2
Santa María de la Paz	0.47	170.63
Tepechitlan	0.5	181.32
Teúl de González Ortega	0.53	194.13
Tlaltenango	0.62	224.91
Elaboración propia		

En la tabla 4 se muestra el peso expresado en porcentaje de la composición de los RS de los seis municipios estudiados, como se puede observar, los residuos orgánicos (residuos de comida y residuos de jardín) representan entre 47% y 59% del total de los residuos recolectados, lo que indica la factibilidad de iniciar proyectos en los municipios 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 quitara sólo la materia orgánica putrescible se disminuiría prácticamente a la mitad la carga que transportan los camiones recolectores a los tiraderos, además se están desperdiciando recursos que pudieran ser aprovechados. Si tomamos en cuenta que en promedio se tiene un 53.7 % de materia orgánica se traduciría en unas 4545 toneladas anuales disponibles para los campos agrícolas.

Tabla 4. Composición de Residuos (Peso en porcentaje)

	Atolinga	Momax	Santa María de la Paz	Tepechitlan	Teúl de González Ortega	Tlaltenango
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
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

El papel y el cartón representan entre el 4.3% y el 8.7% del peso y proceden principalmente de envases y embalajes, en menor medida de papel impreso y papel para impresión, los cuales, tienen un alto potencial de reciclaje, lo mismo sucede con los RS considerados inorgánicos reciclables, que en conjunto representan entre el 23.18% al 32.76%, así, tenemos el vidrio con 3.15 % al 8.88%, llama la atención, los que pesan más son los plásticos con un porcentaje de entre el 12.84% al 24.96% en su mayoría botellas de refresco y bolsas de alta y baja densidad, sorprende el peso conjunto que pueden alcanzar este tipo de plásticos del 12.84% al 24.96% lo que representaría en promedio la nada despreciable cantidad de casi 1600 toneladas anuales para los seis municipios pero como se verá más adelante, el volumen que ocupan es lo más importante para la vida útil de los vertederos. En

el caso del vidrio, procede en su gran mayoría de botellas que contenían diversos líquidos y es en un muy alto porcentaje vidrio claro. Las latas y los metales ferrosos representan un bajo porcentaje del peso de la totalidad de los RS, según comentan los trabajadores del servicio de limpieza, cada vez son más escasas, esto se debe posiblemente al aumento del precio de los metales lo que hace que las personas las reciclen desde sus hogares.

Los no reciclables representan un porcentaje importante del peso que entra a los vertederos, varía entre el 5.22% al 8.84 lo cual es alto si consideramos que se trata principalmente de pañales y toallas sanitarias, en éste estudio se consideró al unicele (poliestireno expandido) como no reciclable, ya que aunque técnicamente hay maneras de reciclarlo al 100%, aún es muy costoso, ocupa mucho volumen en los vertederos, lo acorta su vida útil y además porque constituye una sustancia sumamente dañina al medio ambiente ya que prácticamente no se degrada, el estireno es conocido por ser cancerígeno, y además al ser quemado producen que dañan la capa superior de Ozono.

Los residuos considerados como peligrosos son los que representan el menor peso de la totalidad de los RS, sin embargo, debe ponerse especial atención, ya que son depositados en bolsas que van a parar al tiradero y representan un riesgo para la salud, en primer lugar para los trabajadores de limpieza, ya que se depositan agujas, jeringas, y medicamentos caducados; en segundo lugar el caso de las baterías, ya que algunas contienen metales pesados y al terminar en los tiraderos el agua puede arrastrar esos contaminantes hasta las fuentes de agua potable y tercero, los envases de venenos y plaguicidas que poseen un alto potencial de contaminación o que incluso aún contienen productos. En el caso del municipio de Tlaltenango se encontró que los residuos hospitalarios son depositados en los camiones recolectores sin ninguna precaución o tratamiento especial, lo cual no sólo es ilegal, sino que representa un riesgo mayor para los trabajadores de limpieza. En suma, si los municipios implementaran programas donde pudieran aprovechar los residuos orgánicos e inorgánicos reciclables disminuirían en más de 90% del peso de los RS ingresado a los vertederos.

En la tabla 5 se exponen los resultados del volumen expresado en porcentaje de la composición de los RS de los seis municipios estudiados. Los plásticos ocupan el mayor volumen con porcentajes que oscilan entre el 37.81% al 55.86% lo cual muestra la urgencia de iniciar programas de reciclaje o reducción o reutilización. Como se mencionó en el apartado anterior, otro plástico, el Poliestireno, mejor conocido como unicele ocupa un alto volumen del total de los RS depositados en los vertederos, entre el 2.19% al 6.97%

principalmente se trata de poliestireno expandido, proveniente de empaques protectores y platos y vasos desechables.

Tabla 5. Composición de Residuos (Volumen en porcentaje)

Tipo de Residuo	Atolinga	Momax	Santa	Teúl de	Ortega	Tlaltenango
			María de	Tepechitlan		
			la Paz			
Orgánicos Reciclables						
Orgánicos compostables	20.10	19.61	29.36	13.92	19.35	27.22
Papel y Cartón	13.76	8.33	12.12	8.30	16.20	10.19
Textiles	4.61	3.64	5.53	3.92	5.97	3.78
Otros Orgánicos	1.15	0.68	1.33	0.00	1.02	0.71
Total	39.62	32.25	48.33	26.14	42.54	41.90
Inorgánicos Reciclables						
Plástico	49.82	49.22	39.52	55.86	37.81	38.54
Vidrio	3.15	2.14	2.18	2.50	3.39	1.17
Latas y otros metales ferrosos	1.61	3.33	2.09	2.40	6.37	1.76
Aluminio	0.33	0.64	0.39	0.82	0.40	1.93
Tetrapack	1.15	1.99	0.38	1.84	2.97	2.85
Otros Inorgánicos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	56.06	57.31	44.56	63.42	50.93	46.26
No reciclables						
Pañales y toallas sanitarias	1.81	3.19	4.48	3.25	1.45	3.69
Unicel (poliestireno)	2.17	6.97	2.58	6.79	4.59	5.12
Residuos Electrónicos	0.01	0.05	0.00	0.10	0.00	0.78
Otros no reciclables	0.10	0.03	0.00	0.03	0.00	0.16
Total	4.09	10.23	7.06	10.17	6.05	9.75
Residuos Peligrosos						
Residuos hospitalarios, envases de Plaguicidas y venenos, pilas y otros residuos peligrosos	0.16	0.19	0.01	0.21	0.48	1.94
Total	0.16	0.19	0.01	0.21	0.48	1.94

_ Fuente: Elaboración propia

El Papel y el Cartón son también uno de los productos que más espacio ocupa en los vertederos con porcentajes que van desde 8.30% al 16.20%. Los textiles ocupan entre el 3.64% al 5.97% y se componen principalmente de ropa y telas. El vidrio como ya mencionamos anteriormente, se compone principalmente de botellas, las latas metálicas ocupan bastante espacio y representan el motivo económico principal por el que son quemados los vertederos de la región en busca de obtener el metal para reciclarlo. Se

observa que si se separaran de alguna forma los residuos orgánicos e inorgánicos reciclables se reducirían en más del 90% el volumen de los residuos ingresados en los vertederos.

Se puede observar la variación en los porcentajes de RS generados en los diferentes municipios, lo cual nos da una idea de los patrones de consumo de la población y da pautas para planear e iniciar acciones con el fin de 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 para éste estudio 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.

4. Conclusiones

La composición de los RS para los municipios seleccionados muestra un alto potencial para iniciar proyectos intermunicipales de gestión y tratamiento de residuos y aprovechar las economías de escala. Existe la posibilidad de crear empleos formales para la población a partir de los RS.

Las administraciones municipales estudiadas carecen de información para la toma de decisiones en materia del manejo de los RS. Lo cual, en algunos municipios, se ve reflejando en una baja cobertura del servicio de limpia y recolección, en el aumento de los problemas de contaminación ambiental a raíz del constante crecimiento de la generación de RS, como es el caso del municipio de Tlaltenango que presenta crecimiento demográfico sostenido y, en todos los municipios, por el cambio en los patrones de consumo que generan residuos más difíciles de tratar y por la falta de programas encaminados a la reducción, reutilización y reciclaje de los RS.

Existe disposición por parte 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 eleva a rango constitucional las obligaciones de los municipios, pero no se acompañan de los recursos y la capacitación necesarias tal es el caso del tratamiento y disposición final de residuos en los municipios.

Falta implementar programas orientados a la gestión integral de residuos y capacitación al personal de los municipios en prácticas de manejo de RS. Están ausentes los programas de educación y concientización que generen un cambio de cultura ciudadana en materia de RS.

Este estudio muestra la necesidad de profundizar la investigación sobre la problemática de los RS en los municipios del Estado de Zacatecas. Faltan trabajos sobre la clasificación de los RS en otros municipios del Estado que permitan determinar las cantidades de reutilización y reciclaje factibles, de tal forma que puedan compararse y establecer patrones de consumo a largo plazo para diseñar e implementar políticas públicas eficaces, así como la comparación y cooperación intermunicipal y estatal lo cual permitiría el echar a andar proyectos que tiendan a disminuir la contaminación y la carga de los rellenos sanitarios.

5. Bibliografía

Armijo de Vega, Carolina; Ojeda, Sara; Ramírez, Elizabeth y Quintanilla, Ana Luz, 2006, "Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California" *Revista Ingeniería*, Vol 10, número 3, pp 13-21.

Bernache, Gerardo, "La basura sin rienda", *Suplemento Mensual La Jornada Ecológica*, Periódico La Jornada. México, 01 de junio. Disponible en internet: <http://www.jornada.unam.mx/2009/06/01/eco-c.html>, 2009.

Buenrostro, Otoniel e Israde, Isabel, "La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol.19, núm. 4, 2003, pp. 161-169.

Buenrostro, Otoniel; Márquez, Liliana y Ojeda, Sara, "Manejo de los residuos sólidos en comunidades rurales en México. Una visión de los generadores", *II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*, Barranquilla, Colombia, septiembre, 2009.

Esquinca, Froilán; Escobar, José Luis; Hernández, Agustín; Sánchez, Gabriel y Suárez Héctor, "Estudios de caracterización y generación de residuos sólidos municipales de 5 localidades de la costa del estado de Chiapas", *Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales*, Zacatecas, 4-7 noviembre, 1997.

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

Gobierno del Estado de Zacatecas, 2010, "Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas" en Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas, Zacatecas, Zacatecas, México 16 de octubre de 2010.

INEGI 2005 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), "Marco Geoestadístico Municipal", disponible en internet en:

http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades/div_municipal/zacatecas.pdf

INEGI 2010 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2005, "Censo de Población y vivienda 2010", disponible en internet en:

<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=32>

Ojeda, Sara; Lozano, Gabriela; Quintero, Margarito; Whitty, Kevin y Smith, Christina, “Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana”, I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Castellón, España, 23-24 de junio, 2008.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), *Norma Oficial Mexicana 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, D. F., Secretaría de Gobernación, 20 de octubre, 2003.

Secofi (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial), *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 Dirección General de Normas, 1985.

Secofi (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial), 1985, *Norma Mexicana NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; Peso Volumétrico “in situ”*, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. 1985.

Secofi (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial), 1985, *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. Dirección General de Normas. 1985.

Secofi (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial), *Norma Mexicana NMX-AA-061-1987. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; Determinación de la generación*, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas, 1987.

Secofi (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial), *Norma Mexicana NMX-AA-091-1987. Protección al ambiente; contaminación del suelo; residuos sólidos municipales; Terminología*, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas, 1985.

Taboada, Paúl; Aguilar, Quetzalli y Ojeda, Sara, “Análisis estadístico de residuos sólidos domésticos en un municipio fronterizo de México”, *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 2, núm. 1, 2011, pp. 9-20.