

LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, MÉXICO

Otoniel BUENROSTRO¹ e Isabel ISRADE²

¹ Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Apartado Postal 12, Morelia 58141 Michoacán, México. Correo electrónico: otonielb@zeus.umich.mx

² Departamento de Geología y Mineralogía. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Correo electrónico: aisrade@zeus.umich.mx

(Recibido septiembre 2003, aceptado noviembre 2003)

Palabras clave: residuos sólidos, generación, tiraderos municipales, consumo

RESUMEN

En México, el conocimiento sobre la cantidad y la composición de los residuos sólidos urbanos es escaso, ya que no existen sistemas de monitoreo permanente de estos parámetros. Los datos sobre la generación y el contenido de los residuos sólidos proceden de investigaciones realizadas en zonas urbanas, por lo que el desconocimiento de estos parámetros para zonas rurales es aún mayor. Esta investigación tuvo como objeto el análisis de los residuos sólidos en ocho municipios rurales ubicados en los márgenes del lago de Cuitzeo, en México. Se realizaron muestreos en generadores residenciales y no residenciales y se aplicó una encuesta para conocer las características socioeconómicas de los habitantes del área. También se ubicaron y midieron las superficies de los tiraderos de la zona y se tomaron muestras de residuos de estos sitios para determinar el peso volumétrico y cuantificar la cantidad de residuos acumulados. Los resultados mostraron tasas de generación estadísticamente diferentes entre cada uno de los municipios y menores con respecto a las reportadas con anterioridad para áreas urbanas; sin embargo los subproductos encontrados indican patrones de consumo similares a los de áreas urbanas.

Keywords: solid wastes, generation, dumping-grounds, consumption

ABSTRACT

In Mexico the information about the quantity and the composition of urban solid wastes is scarce, since there does not exist a permanent monitoring system with these parameters. The available solid waste generation and composition data come from investigations performed in urban zones, for this reason there is a greater lack of knowledge with regard to these parameters in rural zones. The object of this investigation was to analyze the generation and composition of solid wastes in eight rural municipalities located along the outskirts of lake Cuitzeo in Mexico. The sampling took place in residential and nonresidential sources. A poll was taken in order to learn about the socio-economic characteristics of the area. Each dumpsite in the zone was located and its surface area measured. Solid waste samples were collected from each site to determine the site's volumetric weight and to quantify the amount of accumulated solid wastes. The results showed generation rates that were statistically different between each municipality and the quantities less than those previously reported for urban areas, however, the sub products that were found indicate similar consumption patterns to those of urban areas.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre la composición de los residuos sólidos y de las fuentes que los generan, es importante para la toma de decisiones que conduzcan a una gestión adecuada de éstos, por lo que es necesario realizar estos estudios (Bernache *et al.* 2001). En México, el 30 % de la población del país aún habita en asentamientos rurales (INEGI 2000), que cuentan con escasos recursos económicos para dotar y administrar los servicios básicos a la población, son la electricidad, agua potable, recolección de residuos sólidos, etc. La carencia de recursos económicos, junto con la creciente demanda de la población por servicios, ocasiona que estos municipios enfrenten serios problemas para administrar y planear adecuadamente la gestión de los residuos sólidos, lo cual se refleja en sistemas de aseo público deficientes para recolectar, tratar y disponer los residuos sólidos que se generan en sus circunscripciones territoriales. Ello repercute en una disminución de la calidad de vida de los habitantes y en un creciente impacto ambiental por la emisión de gases, humos y lixiviados hacia el aire, a los sistemas de agua subterránea y al suelo (Buenrostro 2001).

Tal es el caso de la cuenca del lago de Cuitzeo, en Michoacán, la cual ha sido generada por continuos procesos tectónicos y volcánicos que le confieren su morfología actual (Istrade y Garduño 1996). En particular, el vulcanismo ha aportado en muchos casos materiales porosos y /o permeables y ello determina que estos sustratos sean vías de infiltración para los lixiviados (líquidos emitidos por la descomposición de los residuos urbanos e industriales) hacia la cuenca y hacia el lago (Istrade y Garduño 1999). Aunado a ello, la cuenca presenta diferentes procesos de degradación, entre los que se pueden citar el desbalance hídrico y la eutrofización del embalse, como consecuencia del abatimiento de la cubierta vegetal y el cambio en el uso del suelo, así como la contaminación del agua por la disposición inadecuada en la cuenca de residuos líquidos y sólidos de origen industrial y residencial (Gobierno del Estado de Michoacán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 1996). No obstante, a pesar de su deterioro, la cuenca de Cuitzeo sustenta un ecosistema que ha logrado permanecer a lo largo del tiempo y mantiene una gran diversidad de especies, entre las que se cuentan aves migratorias y peces, algunas de ellas endémicas (Chacon *et al.* 2000).

En el decenio pasado se construyeron rellenos sanitarios en las ciudades con mayor densidad de habitantes en Michoacán. Sin embargo, estos rellenos poco han contribuido a revertir el problema ambiental, pues la selección de los sitios y su funcionamiento no cumplen con las normas ambientales vigentes (Gobierno del Estado de Michoacán y Secretaría de Desarrollo Urbano

y Ecología 1999). Además, no se ha dado la importancia requerida a asentamientos que por su ubicación geográfica y densidad de habitantes ejercen un impacto importante sobre ecosistemas estratégicos, como son los municipios asentados en la cuenca del lago de Cuitzeo (Buenrostro 2002).

En el área no existen estudios referentes a las fuentes de generación de residuos sólidos, ni de la cantidad y de la composición de éstos. Asimismo, la información existente sobre el impacto social y ambiental de los residuos en la región es cualitativa (Comisión de Ecología del H. Congreso de Michoacán LXVI Legislatura 1994, Gobierno del Estado de Michoacán y Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología 1999). Se carece también de información sobre parámetros físicos, químicos y biológicos, que permitan establecer diagnósticos acertados y diseñar programas de gestión, que disminuyan la contaminación ocasionada por los residuos sólidos y revertir el deterioro ambiental de la cuenca (Buenrostro 2002).

Dada la importancia que tiene disminuir el impacto ambiental y social que ocasiona el manejo y la disposición actuales de los residuos sólidos y de las necesidades de los municipios de la cuenca de Cuitzeo, de diseñar e implementar estrategias de gestión adecuadas, se realizó esta investigación cuyos objetivos específicos fueron caracterizar y cuantificar los residuos sólidos urbanos que se producen, ubicar los sitios de depósito final y cuantificar los residuos sólidos que se encuentran confinados en estos sitios (tiraderos municipales) en el área de estudio.

Descripción del área de estudio

Desde el punto de vista geológico, la región en la que se asienta la cuenca del lago de Cuitzeo está conformada por sucesiones volcánicas en las que dominan las lavas fracturadas, depósitos de caída piroclásticos (cenizas y arenas de granulometría fina) y materiales sedimentarios aún no compactados, conformados por limos, arenas y diatomitas; éstas últimas dominan en el sector sur de la cuenca. Todas estas sucesiones son disectadas por sistemas de fallas de dirección este-oeste y noreste-sureste que han funcionado desde el Mioceno superior (Istrade y Garduño 1996, 1999).

La cuenca es una unidad hidrológica con una superficie de 4,026 km², en la cual quedan comprendidos parcial o totalmente los territorios de 23 municipios del estado de Michoacán (Acuitzio del Canje, Álvaro Obregón, Ciudad Hidalgo, Charo, Chucandiro, Cuitzeo, Copándaro de Galeana, Huandacareo, Huaniqueo, Huiramba, Indaparapeo, Lagunillas, Morelia, Morelos, Pátzcuaro, Queréndaro, Quiroga, Santa Ana Maya, Tacámbaro, Tarimbaro, Tzintzuntzan, Villa Madero y Zinapécuaro), así como parte de los municipios de Acámbaro,

realizó dividiendo el grupo de trabajo en cuatro subgrupos, a cada uno se le asignó para recorrer el área de trabajo en una dirección de los cuatro grupos cardinales, seleccionando al azar una calle, la cual se recorrió, visitando a los moradores a los cuales se les informaba sobre los objetivos del proyecto y preguntando por su participación; si la respuesta era afirmativa, se consideraba como una fuente a muestrear.

Simultáneo al muestreo, se aplicó una encuesta en cada una de las fuentes a analizar para conocer parámetros socioeconómicos como el ingreso total mensual del hogar, número de habitantes por casa, sexo y edad de cada uno de ellos, escolaridad de los jefes de familia, régimen de propiedad de la casa y posesión de automóvil. Para el caso de las fuentes no residenciales, cada generador fue entrevistado para determinar la actividad económica, principales productos y/o servicios que brinda, vende o fabrica, el horario y días de la semana laborables. Los cuestionarios se clasificaron por municipio y las respuestas se capturaron en el programa Excel, versión 2000 (Microsoft 2001) para conformar una base de datos que posteriormente se sometió a análisis de estadística descriptiva.

b. Caracterización de subproductos

Con las mismas muestras de residuos para el análisis de generación, se realizó la selección y la cuantificación de subproductos con base en una variante del formato de clasificación de subproductos incluido en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-22-1985 (SECOFI 1985). El proceso de caracterización de subproductos consistió en pesar las bolsas con la muestra, previamente etiquetadas y se vaciaron para separar manualmente cada uno de los subproductos en charolas de peso conocido. Posteriormente se pesó cada charola con cada uno de los subproductos y se anotó en el formato. Finalizada la separación y el pesado de los subproductos, se sumaron todos los pesos para corroborar con el peso inicial de la muestra. Los resultados se agruparon por municipio y se conformó una base de datos para realizar los análisis estadísticos y calcular los coeficientes de generación por habitante y por vivienda de residuos residenciales, así como los coeficientes de generación por fuente para los residuos no residenciales.

RESULTADOS

Ubicación de los tiraderos municipales

Los recorridos realizados por 16 de los 28 municipios que comprenden el área de estudio permitieron ubicar otro número similar de sitios que funcionan como tiraderos municipales (**Figura 1**). Este estudio no incluyó a los cinco municipios que están dentro de la jurisdicción del estado de Guanajuato y a siete del estado de Michoacán, ya

que los sitios en los cuales se localizan los tiraderos municipales forman parte de otras cuencas hidrográficas. Los 16 tiraderos analizados están cerca de las cabeceras municipales, por lo que brindan el servicio principalmente a estas poblaciones y el acceso a los sitios es difícil, ya que se ubican en barrancas y cárcavas originadas por procesos erosivos o por la extracción de materiales para la construcción, además de que varios de estos predios se encuentran rodeados por cultivos de o de hortalizas. En los municipios de Álvaro Obregón y Zinapécuaro los tiraderos se localizan a escasos 20 metros de la orilla de carreteras y los de Chucándiro, Indaparapeo, Queréndaro y Huiramba ocupan tierras de cultivo, por lo que es frecuente observar ganado vacuno pastando en esos sitios.

Cuantificación de los residuos sólidos acumulados en los tiraderos municipales

a. Determinación del área de los tiraderos municipales

La medición de la superficie de los sitios visitados permitió estimar un área total de 34.9 hectáreas y una antigüedad promedio de 5.7 años (**Tabla I**); esta última que se registró a raíz de la información proporcionada por los responsables de los sistemas de aseo público en cada uno de los municipios estudiados. Los municipios de Lagunillas y Acuitzio del Canje no tienen tiradero municipal, ya que los residuos sólidos de estos municipios se depositan en el tiradero del municipio de Morelia, el cual se localiza a 25 y 35 kilómetros respectivamente, de las dos cabeceras municipales anteriores.

b. Determinación del peso volumétrico de los residuos sólidos

Se determinó el peso volumétrico promedio de 160.8 kg/m³, que permitió estimar una cantidad total de residuos sólidos acumulados en los tiraderos analizados de 424, 370 toneladas (**Tabla I**). Este análisis no se realizó en los tiraderos de los municipios de Lagunillas, Acuitzio del Canje, Charo y Huiramba, ya que los dos primeros no cuentan con tiradero propio, en el tercero los residuos se depositan en barrancas de muy difícil acceso en las que, en la temporada de lluvias, se arrastran los residuos vertiente abajo y en el cuarto sitio, los residuos se encontraron totalmente dispersos en toda el área del tiradero por la presencia de ganado vacuno que pasta ahí.

Análisis de la generación de los residuos sólidos urbanos

En los ocho municipios analizados se entregaron un total de 1,600 bolsas para las muestras de residuos, siendo 200 para cada municipio, de las cuales 100 fueron para fuentes residenciales y 100 no residenciales. De este total se recuperó y analizó un total de 354 muestras de residuos sólidos provenientes de fuentes residenciales.

TABLA I. PARÁMETROS DE LOS TIRADEROS MUNICIPALES Y DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ANALIZADOS EN LA CUENCA DE CUITZEO

Tiradero	Área (m ²)	Volumen de los residuos (m ³)	Peso volumétrico de los residuos (kg/m ³)	Antigüedad de los tiraderos (años)
Santa Ana Maya	17007	10204.200	163.75	3
Uriangato	24400	87018.193	ND	3
Cuitzeo	11036.1	11897.520	207.5	3.5
Huandacareo	6899.23	3104.654	152.5	7
Huandacareo 2	3480.267	2784.214	152.5	3
Charo	978.937	1957.870	158.75	2.5
Indaparapeo	8423.24	14253.095	107.5	2
Querendaro	13104.09	26208.180	72.5	9
Zinapécuaro	4968.664	9258.888	89.5	18
Álvaro Obregón	10796.07	8636.856	157.5	5
Villa Morelos	6412.77	12825.540	152.5	4
Chucándiro	945.755	756.604	147.5	2
Copandaro	2605.4712	3908.207	120	3.5
Tarímbaro	39780.03	27918.741	218.75	6
Huiramba	5508.26	4957.434	ND	3
Morelia	192 737.190	2413425.738	350	17
Total/Promedio	349083.074	2639115.930	160.8	5.7

*ND, No se determinó

les y 411 muestras de fuentes no residenciales. La caracterización de estas muestras, dio como resultado un total de 51 componentes diferentes, lo cual muestra una composición similar a los residuos generados en áreas urbanas cercanas a la zona de estudio (Buenrostro et al. 2001a). No obstante, es notoria la predominancia de componentes que indican el uso de productos y el estilo de vida de las zonas rurales, como la presencia de tierra y piedras y la de cenizas; éstas últimas se incluyeron con el residuo fino y sobretodo, se determinó que la fracción orgánica compuesta por los rubros de residuo fino, hueso, fibra vegetal, residuos alimenticios y de jardín sumaron en conjunto, alrededor del 56 % (Tabla II).

En la tabla III se muestran los coeficientes de generación por habitante y por vivienda de las fuentes residenciales, así como de las fuentes no residenciales. Se observó un amplio rango de diferencia entre los coeficientes de generación *per capita* de los 8 municipios analizados, siendo de 0.29 el más bajo (Santa Ana) hasta 0.58 kg por día para el más alto (Cuitzeo); sin embargo, el promedio para el área de estudio (0.40 kg/persona/día), se sitúa a la mitad del promedio nacional (0.80 a 0.90 kg/persona/día) (SEDESOL 1999). Esta diferencia hace necesario revisar la metodología de análisis y el diseño experimental de los muestreos en los cuales se basan las estadísticas oficiales, con el objeto de descartar una generalización y sobreestimación de los tasas de generación reportadas por estas últimas (Buenrostro y Bocco 2003).

Una posible causa de variación puede ser por la predominancia de ciudades dentro de las muestras analizadas, también al número de estas últimas que se utiliza-

ron para determinar las tasas de generación, así como al número y el tipo de las fuentes de generación que se analizaron. Otra posible causa de variación que fue observada en este estudio, es la permanencia de los traspatios en las viviendas analizadas, los cuales pueden estar influyendo en el desvío de los residuos sólidos del sistema de recolección, ya que estos sitios continúan utilizándose para el engorde de animales domésticos, de los que complementan su alimentación con los residuos orgánicos, así como para depositar los residuos por costumbre o por deficiencias, tanto de la cobertura, como de la frecuencia de recolección de los sistemas de aseo público en estos municipios rurales.

Los resultados de los análisis de las varianzas (ANOVA) de los coeficientes de generación per cápita mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre estos promedios (Fc 7, 353, 0.05). La homogeneidad de las varianzas se corroboró con la prueba C de Cochran (8, 353, 0.05) (Mendenhall *et al.* 1986). Con respecto a las fuentes no residenciales, los resultados del ANOVA mostraron que también existe una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de generación para cada uno de los 8 municipios (Fc 7, 410, 0.05); igualmente la homogeneidad de las varianzas se corroboró con la prueba C de Cochran (8, 410, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área de estudio, ninguno de los municipios analizados cuenta, dentro de su organigrama administrativo, con una instancia responsable del manejo del sistema de

TABLA II. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN OCHO MUNICIPIOS DE LA CUENCA DE CUITZEO (% PESO FRESCO)

Subproducto	Residenciales	No residenciales
Algodón	0.162	0.164
Cartón	2.028	7.094
Cuero	0.041	0.736
Residuo fino	3.582	4.291
Cartón encerado	0.050	0.898
Tetrapak	0.367	0.678
Tetrabrick	0.111	0.101
Papel encerado	0.111	0.135
Fibra dura vegetal	1.388	2.023
Fibras sintéticas	0.421	5.819
Hueso	0.290	0.516
Hule	0.144	0.635
Loza y cerámica	0.478	0.231
Madera	0.444	0.672
Material de construcción	0.226	0.218
Material ferroso	1.542	0.911
Material no ferroso	0.902	1.363
Papel	2.538	3.751
Papel higiénico	2.829	1.385
Pañal desechable niño	3.885	1.043
Pañal desechable adulto	0.066	0.243
Toalla femenina	0.062	0.019
Heces fecales	0.051	0.258
Plástico en película	4.045	4.735
Bolsas de botana	0.635	0.801
Plástico rígido	1.118	2.634
Tereftalato de polietileno	3.657	4.080
Cloruro de polivinilo	0.400	0.441
Hule espuma	0.056	0.050
Poliestireno	0.754	0.960
Polipropileno	0.914	0.348
Residuos alimenticios	43.963	15.095
Residuos de jardín	8.016	8.543
Trapo	0.597	3.561
Vidrio transparente	4.294	9.827
Vidrio de color	0.497	6.772
Pilas eléctricas	0.065	0.289
Tierra/piedras	7.913	3.805
Papel celofán	0.083	0.900
Material eléctrico	0.043	0.778
Colillas	0.124	0.789
Plastilina	0.015	0.093
Detergente	0.023	0.093
Vísceras	0.003	0.100
Papel metálico	0.105	0.170
Envases de medicamentos	0.359	0.483
Zapatos	0.224	0.130
Cabello	0.379	0.172
Cera	0.031	0.034
Pelo /plumas	0.028	0.472
Placenta		0.663
Total	100	100

aseo público, por lo que la carencia de información sobre generación de residuos y la ubicación de los sitios en los cuales se encuentran los tiraderos municipales es enorme. Existe un desconocimiento generalizado entre la población y frecuentemente, entre las mismas autoridades sobre la ubicación de los tiraderos, ya que es común que

esta última, sea sólo del conocimiento de los trabajadores y del encargado del servicio de aseo, el cual por lo general, es el Oficial Mayor o el Tesorero del municipio.

La escasez de registros es consecuencia de la falta de asesoría técnica para implementar procesos de seguimiento en la gestión de los residuos sólidos, y ello repercute en deficiencias para administrar y planificar adecuadamente los sistemas de aseo público en estos municipios. Sin embargo, la falta de asesoría técnica para el manejo y la disposición final de los residuos sólidos tiene implicaciones ambientales más serias, ya que ninguno de los sitios visitados cumple con los criterios de ubicación y funcionamiento especificados en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-083-ECOL-1994 y NOM-084-ECOL-1994 para rellenos sanitarios municipales (SEDESOL, 1994a, 1994b). Durante las visitas a los tiraderos se constató la falta de vigilancia en estos sitios y la llegada continua de personas a depositar sus residuos, argumentando la escasa cobertura del servicio de recolección municipal, que sucede por el control nulo del acceso de personas y de los residuos sólidos. Asimismo, se observaron personas separando materiales de los residuos sólidos (pepenadores) en la mayoría de los sitios y se detectaron residuos hospitalarios mezclados con los urbanos, así como residuos provenientes de la industria cárnica, de la elaboración y del entintado de telas y de la talabartería, que incrementan los riesgos de contaminación del acuífero inmediato en el subsuelo de la zona (Istrade 2000). Aunado a esto, también se observó la quema de los residuos sólidos como una práctica común para disminuir su volumen y la presencia de fauna nociva. Fue muy notoria la aparición de restos de animales porcinos, que también son quemados, por lo que la emanación de humos y olores hace irrespirable el aire para las personas que acuden al sitio a depositar los residuos o a separar materiales de éstos.

La cuantificación de los residuos sólidos acumulados en los tiraderos municipales, incluyó sólo los residuos sólidos generados en las cabeceras municipales, ya que la mayor parte de las tenencias (localidades más pequeñas de los municipios) carece del servicio de recolección por parte del municipio, por lo que éstas últimas se ven obligadas a depositarlos clandestinamente en terrenos, que por lo común, no son propiedad del ejido donde se asienta la comunidad. Esto último, además de agravar el riesgo social por enfrentamientos entre diferentes grupos, incrementa la dificultad técnica de analizarlos debido a la variabilidad y fluctuación con las que se modifica la ubicación de estos tiraderos clandestinos.

La compactación de los residuos sólidos, como tratamiento previo a su disposición final es mínima, pues se determinó un peso volumétrico promedio de 160.8 kg/m³, que es bajo en comparación con los promedios de compactación óptimos reportados en la bibliografía.

TABLA III. TASAS DE GENERACIÓN Y PRODUCCIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN 8 MUNICIPIOS DE LA CUENCA DE CUITZEO (PESO FRESCO)

Municipio	Generación/ vivienda (g/día)	Generación/ habitante (g/día)	Generación/ fuente (g/día)	Total de no residenciales (kg/día)	Total de residenciales (kg/día)	Total de urbanos (kg/día)
Huandacareo	1008.54	335.91	884.41	255.86	3941.00	4196.86
Copandaro	1092.19	311.47	534.22	100.46	2628.00	2728.46
Cuitzeo	2240.40	578.76	1067.40	491.12	7347.00	7838.12
Chucándiro	1822.69	514.00	1081.26	43.79	2398.00	2441.79
Querendaro	1399.46	397.59	599.71	298.79	3743.00	4041.79
Zinapécuaro	1823.69	479.75	1133.17	1075.80	14630.00	15705.80
Santa Ana	1228.37	289.00	724.26	254.15	4102.00	4356.15
Charo	1200.71	337.65	844.22	82.42	5062.00	5144.42
Promedio/Total	1477.01	405.52	858.58	2602.39	43851.00	46453.39

McKerracher (1978), sugiere una compactación de 450 a 600 kg/m³ para que sea económicamente viable su transporte y confinamiento. En los municipios analizados, la baja compactación de los residuos sólidos seguramente repercute en la ineficiencia y el encarecimiento de los servicios de recolección, ya que los camiones además de recorrer grandes distancias por calles y caminos en malas condiciones, sólo transportan un promedio de tres toneladas por viaje en unidades cuya capacidad pudiera ser hasta de seis a ocho toneladas.

Los resultados del estudio de generación de los residuos sólidos urbanos en los ocho municipios, confirman la tendencia hacia la homogeneización del consumo de bienes y servicios que ha modificado los patrones regionales de estratos de población de ingreso económico bajo (Buenrostro *et al.* 2001), así como en las zonas rurales de países en vías de desarrollo (Lohani *et al.* 1991). Lo anterior se demuestra por el hecho de que en la composición de éstos se encontraron hasta 52 subproductos, entre los que destacan los plásticos y vidrio en una gran diversidad de empaques, los cuales sumaron el 40% contra un 20% reportado en los años 50's (CONADE, 1992). No obstante que se encontraron subproductos otrora característicos de las áreas urbanas como son los pañales desechables y varios tipos de empaques de cartón y papel, fue notoria la cantidad de subproductos que hablan todavía del estilo de vida y del uso de materiales característicos de las zonas rurales, como la tierra y piedras que alcanzaron el 8% en las viviendas, y la ceniza derivada del uso de leña, la cual abarcó el 3.5 y 4.3% para las fuentes residenciales y no residenciales respectivamente. Durante la aplicación de las encuestas se constató que en muchas viviendas se emplea la leña en combinación con el gas y que su uso se deriva de la costumbre y gusto por cocinar ciertos alimentos, más que por una necesidad económica; esto fue similar en las fuentes no residenciales dedicadas a la venta de alimentos en las cuales se observó el uso de la leña como una forma de atraer clientes.

Con respecto a la fracción orgánica de los residuos se observó que ésta continúa en un promedio del 52% en las fuentes residenciales y del 24% en las no residenciales; la proporción observada en estas últimas se puede atribuir a que muchas de las fuentes muestreadas correspondieron al microcomercio (negocios con uno o dos empleados que por lo general son los mismos propietarios) y en los cuales las personas realizan el consumo y muchas veces la preparación de alimentos en las negociaciones, ya que forman parte de las mismas viviendas.

En este estudio, se determinaron índices de generación por habitante más bajos que los reportados para áreas urbanas. Esto último, hace importante la ampliación de investigaciones sobre producción de residuos sólidos en los asentamientos en que prevalece la población rural, ya que en éstos todavía predominan los traspacios, por lo cual sería de gran utilidad, investigar su influencia en el desvío de los residuos orgánicos del sistema de recolección, pues todavía continúan utilizándose para la alimentación de animales domésticos, o para depositar estos residuos en estos sitios por costumbre, o por deficiencias, tanto de la cobertura, como de la frecuencia de recolección de los sistemas de aseo público en estos municipios rurales. Por esto, es importante que las investigaciones en zonas rurales, incluyan también la entrevista y la observación sistematizada para analizar los sistemas de recolección y de variables socioculturales, bajo un enfoque etnográfico (Goetz y LeCompte, 1988), ya que es frecuente que la metodología de análisis existente, no es aplicable en estas áreas.

No obstante, que en las ocho cabeceras municipales analizadas predomina el modo de vida rural, se observó una diferencia estadísticamente significativa en los coeficientes de generación por habitante y por fuente, lo cual confirma la influencia del ingreso y de las actividades económicas en la generación y composición de los residuos sólidos; se ha establecido que los ocho municipios analizados tienen marcadas diferencias en los niveles de pobreza y marginación (SEDESOL, 2001), lo cual reafirma esta tendencia.

CONCLUSIONES

En México, el conocimiento sobre la generación y composición de los residuos sólidos es escaso y los resultados disponibles de estos estudios, se han realizado mayoritariamente en las ciudades, lo cual puede incidir en que las estadísticas nacionales con respecto a estos parámetros para las zonas rurales se hayan sobreestimado y generalizado. No obstante, al aumento observado en la fracción inorgánica de los residuos sólidos en las comunidades y pueblos, aún permanecen modos de vida en éstos que desvían algunos componentes de los residuos sólidos de los sistemas de recolección y por lo tanto, determinan tasas de generación y composición diferentes a los de las áreas urbanas. Además, aún predomina la generación de residuos consistente con el estilo de vida rural (ceniza), como del rezago (tierra, piedras) en infraestructura urbana en estos asentamientos rurales.

Sin embargo, la diversidad de subproductos encontrados al analizar la generación, confirma la tendencia hacia la modificación de los patrones de consumo regionales en las zonas rurales, por uno de productos con mayor nivel de procesamiento y por ende, hacia una mayor heterogeneidad en la composición de los residuos sólidos.

La falta de asesoría técnica para la recolección eficiente y la disposición final segura de los residuos sólidos, fue la principal carencia detectada en los sistemas de aseo público. De acuerdo con las observaciones realizadas en los tiraderos visitados, ninguno de éstos cumple con los requisitos de ubicación (NOM-083-ECOL-1994) y funcionamiento (NOM-084-ECOL-1994), ya que todos los tiraderos carecen de vigilancia para controlar el acceso tanto de personas, como de los residuos. La determinación de los pesos volumétricos de los residuos sólidos, así como de las áreas de cada uno de los tiraderos, permitieron estimar una cantidad de 424, 370 toneladas de residuos sólidos acumulados en el área de estudio, que sugiere impacto ambiental y a la salud pública por su disposición inadecuada que rebasa la escala local de los tiraderos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el CONACyT al primer autor, a través del proyecto 135577-T y por la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH, con el proyecto No. 5.9.

REFERENCIAS

- Bernache G., Sánchez S., Garmendia A., Dávila A. y Sánchez M. (2001). Solid waste characterization study in the Guadalajara metropolitan zone, Mexico. *Waste Manag. Res.* 19, 413-424.
- Buenrostro O. (2001). *La generación de residuos sólidos urbanos en la cuenca del lago de Cuitzeo, México*. Informe final. Proyecto financiado por el fondo para retener en México y repatriar investigadores mexicanos, con expediente No. 000323 del CONACyT, 36 p.
- Buenrostro O., Bocco G. y Bernache G. (2001a). Urban solid waste generation and disposal in Mexico. A case study. *Waste Manag. Res.* 19, 169-176.
- Buenrostro O., Bocco G. y Cram S. (2001b). Classification of sources of municipal solid wastes in developing countries. *Resources, Conservation and Recycling* 32, 29-41.
- Buenrostro O. (2002). *Estudio de la contaminación por residuos sólidos en la cuenca del lago de Cuitzeo, México*. Informe final. Proyecto No. 135577-T del CONACyT, 14 p.
- Buenrostro O. y Bocco G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico. Goals and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling* 39, 251-263.
- Comisión de Ecología del H. Congreso de Michoacán LXVI Legislatura. (1994). *El deterioro ambiental de la cuenca de Cuitzeo*. Morelia, Michoacán, 82 p.
- CONADE (Comisión Nacional de Ecología). (1992). *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1989-1990*. México, 210 p.
- Chacón A., Rosas C. y Alvarado J. (2000). The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. En: *Aquatic ecosystems of Mexico: status and scope* (M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar y D.F. Malley, Eds.). *Ecovision World Monograph Series*. The Netherlands, pp. 89-101.
- Gobierno del Estado de Michoacán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (1996). Primer Foro de Análisis de la Problemática Ambiental del Estado de Michoacán. Cuenca de Cuitzeo.
- Gobierno del Estado de Michoacán y Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (1999). Programa Estatal de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Morelia, Michoacán, 139 p.
- Goetz J. P. y LeCompte M. D. 1988. Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa. Ediciones MORATA. Madrid, 256 p.
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Resultados Preliminares*, México, 375 p.
- INE/SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología/Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). (1995). *Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1995*. Diario Oficial de la Federación. Martes 7 de noviembre de 1995. México, 10 p.
- Israde I. y Garduño V. (1996). El neogeno del lago de Cuitzeo, aspectos paleogeográficos y paleoambientales y su comparación con el lago actual. Memorias del I Foro de Análisis de la Problemática Ambiental del Estado de Michoacán. Cuenca del Lago de Cuitzeo, Morelia, Michoacán, México, pp. 121.
- Israde I. y Garduño, V. (1999). Lacustrine record in a volcanic intra-arc setting: the evolution of the late neogene Cuitzeo basin system (Central Western Mexico). En: *Ancient and Recent lacustrine systems in convergent margins* (L. Ca-

- brera y A. Saez Eds.). Vol. 151, pp. 209-227.
- Israde I. (2000). Evaluación del impacto ambiental al agua subterránea del tiradero de Morelia y su afectación en las poblaciones del entorno. Informe final. Proyecto No. 19980306010 del sistema de investigación SIMORELOS-CONACyT. 60 p.
- Lohani B.N. y Baldísimo J.M. (1991). Scavenging of solid waste in Manila. Vol. VIII, 1, 2. P 69-88. En: *Man and waste. Popular recycling activities in the third world*. ENDA, Eds., Dakar, Turkía.
- Mendenhall W., Scheaffer L.R. y Wackerly D.D. (2002). *Mathematical statistics with applications*. Duxburg Press, Belmont, California, 751 p.
- Mendoza M., López E. y Bocco G. (2001). Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Resultados. Proyecto No. 98306024 del sistema de investigación SIMORELOS-CONACyT, 266 p.
- Microsoft Corporation (2001). EUA.
- McKerracher I. (1978). Técnicas aplicables a los procesos de compactación, trituración e incineración. En: *Simposio Regional Sobre Desechos Sólidos*. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. Serie Técnica de la División de Salud Ambiental. Santo Domingo, República Dominicana. pp. 1-18.
- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). (1985). Relación de normas oficiales mexicanas aprobadas por el comité de protección al ambiente. Contaminación del Suelo. México, 104 p.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994*. Diario Oficial de la Federación. México. 3 p.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (1994a). *Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994*. Diario Oficial de la Federación. México, 8 p.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social, Subsecretaría de Desarrollo urbano y Vivienda). (1999). México.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). Programa Nacional de Atención a Regiones Prioritarias. Diario Oficial de la Federación 15 de marzo de 2001. México.