



Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas, México

Humberto Alvarado Centeno¹,
Hugo Alejandro Nájera Aguilar,
Flor de Magaly González Hilerio
Rodolfo Palacios-Silva

RESUMEN

Los estudios de generación y caracterización de los residuos sólidos son muy importantes para diseñar sistemas urbanos de manejo. En este trabajo se cuantificaron la cantidad y el tipo de los residuos sólidos generados en 89 casas-habitación para estimar la tasa per cápita de generación domiciliaria de residuos sólidos en la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas. Se obtuvo también la tasa de generación no domiciliaria a partir de un índice sugerido para pequeñas poblaciones urbanas y con ambos valores se obtuvo la tasa de generación de residuos sólidos urbanos esperada para el municipio. La tasa de generación per cápita domiciliaria estimada fue de 0.437 kg/día y la tasa de generación de residuos sólidos urbanos totales se estimó en 26.690 ton/día. El principal componente de los residuos domiciliarios fue la materia orgánica que ocupó el 51 %. Los resultados sugieren que se pueden implementar estrategias para disminuir los problemas ambientales y de salud pública que se producen con los residuos sólidos urbanos del municipio.

Escuela de Ingeniería Ambiental. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Ciudad Universitaria, Libramiento Norte Poniente S/N, Col. Lajas, Maciel, C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México; Tel: 52 (961)1256033.

¹Autor para correspondencia: humbert_alce@hotmail.com

Palabras clave: Caracterización, Generación, Chiapa de Corzo, Chiapas, México, Residuos sólidos urbanos.

ABSTRACT

The studies of generation and characterization of solid waste are fundamental to design systems of urban management. In this work, was quantified the generation and characterization of solid waste in 89 houses to estimate per capita home solid waste generation rate in Chiapa de Corzo, Chiapas. Non-home solid waste generation rate was also obtained with an index suggested for small urban populations and with both values was obtained urban solid waste generation rate expected for the municipality. Estimated per capita home generation rate was of 0,437 kg/day and the value calculated to urban solid waste generation rate was 26,690 ton/day. The main component of home waste was the organic matter that occupied the 51%. Results suggest that can be implemented strategies to diminish the environmental and of public health problems related with the urban solid residues in the municipality.

Keywords: Characterization, Generation, Chiapa de Corzo, Chiapas, México, Urban solid waste.

Cuadro 1 ■ Índice de generación de residuos no domiciliarios.

Fuente de generación	Índice de generación (kg/hab)	Población
Comercios	0.1	Para poblaciones menores de 50,000 habitantes.
Instituciones	0.05	
Calles y jardines	0.05	
Mercados	0.1	

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son un conjunto de materiales de deshecho producidos en el ámbito de las actividades humanas (Deffis, 1994). En la actualidad los residuos sólidos representan un problema ambiental y de salud pública en la mayoría de las zonas urbanas de nuestro país, la asociación positiva entre la tasa de generación de los residuos sólidos urbanos con las tasas de crecimiento poblacional y establecimiento de centros urbanos representa un reto para el diseño de sistemas de manejo (Ojeda, 2004). Los principales problemas ecológicos se presentan principalmente durante la etapa de su disposición final, debido a que la mayor parte de los residuos sólidos se depositan en sitios conocidos como “tiraderos a cielo abierto” donde no existe infraestructura ni métodos de control para prevenir la contaminación del ambiente (Cortinas de Nava, 2002). La evaluación de la generación y la caracterización son indicadores básicos para determinar las necesidades económicas, de recursos humanos y de infraestructura requeridas en las estrategias de manejo de los residuos sólidos urbanos antes y después de que son depositados (Escamirosa, *et. al.*, 2001).

La producción de residuos sólidos en los centros urbanos de México presenta dos claras tendencias: el incremento de la generación y el cambio en su composición. La tasa de la generación per cápita a nivel nacional creció de 300 gr/hab-día a 900 gr/hab-día

durante el periodo de 1950-2004 (Gutiérrez, 2006). Entre los años comprendidos de 1999-2004 la tasa de generación de residuos sólidos en México aumentó de 60,185 ton/día a 94,800 ton/día y se estima que para el 2020 la tasa ascenderá a 128,000 ton/día (Velásquez y Meraz, 2005). Por otro lado, se observa un cambio significativo en la composición de los residuos sólidos, mientras que en el año de 1950 el porcentaje de residuos orgánicos producidos en el país era del 70% actualmente se estima en 53% (Gutiérrez, 2006). Es decir, la composición ha pasado de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa, parcialmente no biodegradable y con mayor porcentaje de materiales tóxicos (SEDESOL, 2004). Estas tendencias sugieren la necesidad de establecer estrategias que permitan la gestión de los residuos sólidos urbanos.

Los estudios de caracterización pueden resultar muy útiles para diseñar algunas estrategias de manejo porque permiten distinguir material susceptible a ser reciclado en los sistemas urbanos. Del total de residuos sólidos producidos en el país, el 28 % está compuesto por materiales potencialmente reciclables como papel y cartón, vidrio, plásticos, hojalata y textiles; mientras que otro 19% son residuos de madera, cuero, hule, trapo y fibras diversas, materiales que podrían ser parcialmente reciclables (Gutiérrez V. 2006). Se estima que en el estado de Chiapas se generan alrededor de 3,266 toneladas de residuos al día (IHNE, 2000), de los cuales el 57.67% de los residuos sólidos es material orgánico, el 9.02% es papel y cartón, 4.10% es vidrio,

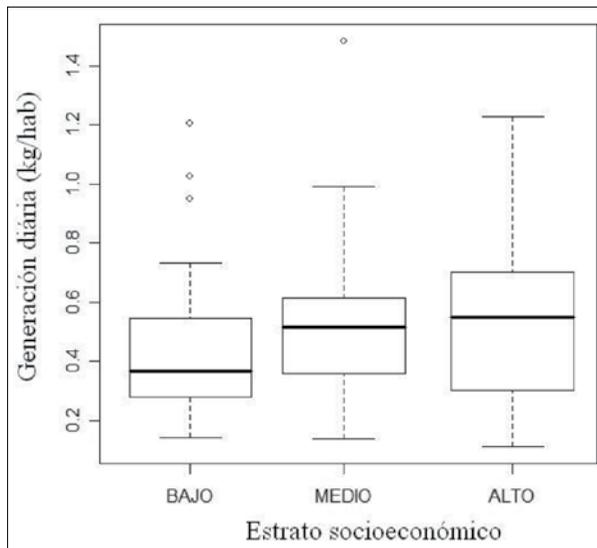


Figura 1 ■ Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios observada por estrato socioeconómico.

2.88% es metal y 7.70% es plástico (IHNE, 2002), es decir más del 75 % es material susceptible de ser reciclado al menos parcialmente.

El objetivo de este estudio fue determinar la generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, considerando que esta información será importante para diseñar e implementar estrategias de manejo de residuos para esta localidad.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El municipio de Chiapa de Corzo se encuentra situado dentro de la Depresión Central del estado de Chiapas, México. Presenta una extensión territorial de 906.7 km² (el 1.2% de la superficie estatal) constituida por lomeríos intercalados con terrenos planos situados en el margen del río Grijalva. La población de estudio se delimitó en la cabecera municipal que se localiza a los 16° 42' 29" de latitud norte y 93° 00' 42" de longitud

oeste. En la cabecera municipal se tienen registradas en fuentes oficiales 6,430 viviendas para una población de 29,241 habitantes (4.5 individuos por vivienda) (Ayuntamiento, 2005).

Generación de residuos sólidos

Para obtener la tasa per cápita de generación de residuos sólidos domiciliarios se utilizó como referencia la norma NOM-061-1985. Se registró la producción diaria en 99 viviendas, cada domicilio fue visitado durante 6 días en el periodo comprendido entre el 26 y 31 de marzo del 2007. Un día previo al inicio del muestreo se recolectaron los residuos sólidos de los domicilios seleccionados para evitar sesgo de observación en el muestreo. Los domicilios fueron clasificados en tres estratos según las condiciones socioeconómicas de sus habitantes, el estrato alto fue definido para habitantes que perciben por persona más de 5 salarios mínimos, el estrato medio de 2 a 5 salarios mínimos y estrato bajo de 2 salarios mínimos o menos (INEGI, 2000), el número de domicilios evaluados por estrato socioeconómico fue de 33. Los residuos de cada domicilio fueron recolectados en bolsas polietileno de 70x90 cm y calibre # 200 y pesados diariamente con una báscula sin resortes marca Torino de 120 kg de capacidad, calibrada previamente a una precisión de 25 g.

Con la tasa per cápita de generación de residuos sólidos domiciliarios y el número de habitantes se obtuvo una tasa de generación total de los residuos sólidos domiciliarios en Chiapa de Corzo. Para determinar la tasa de generación de los residuos sólidos urbanos se estimó además la tasa de generación de los residuos sólidos no domiciliarios en la cabecera municipal considerando los índices propuestos por el Banco Mundial en 1981, para poblaciones menores de 50,000 habitantes (Cuadro 1). Con las tasas de generación de residuos domiciliarios y no domiciliarios se obtuvo la tasa de generación total.

Cuadro 2 ■ Clasificación de los subproductos.

SUBPRODUCTOS	TIPOS DE RESIDUOS
Materia orgánica	Fibra dura vegetal, huesos, residuos alimenticios, de jardinería y cuero.
Papel y cartón	Cartón, envases de cartón, periódicos, revistas.
Residuos sanitarios	Papel higiénico, pañales desechables y toallas sanitarias
Vidrio	Vidrio de color y transparente
Metal	Fierro, aluminio, metal, cobre, etc.
Plásticos	Plásticos rígidos y de película
Residuos tóxicos	Material de curación, baterías, envases de aerosoles, punzo cortantes, etc.
Otros	Trapos, esponjas, finos, fibras diversas, hule, etc.

Caracterización de los Residuos

Sólidos Domiciliarios (RSD)

La caracterización de los residuos sólidos se realizó mediante el método de cuarteo (NMX-AA-022-1985). Este método consiste en formar una pila homogénea con los residuos generados diariamente para cada estrato, la pila de residuos se divide en cuatro partes similares y se considera el contenido de dos para realizar la caracterización de subproductos con base en las categorías contenidas en el cuadro 2. Los subproductos ya clasificados se pesaron por separado.

Análisis estadístico

Para estimar la representatividad del muestreo en las casas-habitación, se evaluó la confiabilidad de la muestra utilizando una prueba *t* de student considerando un error de 0.07 kg/hab-día. Asimismo, se eliminaron datos atípicos aplicando el criterio de Dixon considerando un error (α) de 0.2 (NMX-AA-061-1985). Para estimar la tasa de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios se realizó una comparación entre las tasas observadas entre los diferentes estratos con un análisis de la varianza (ANOVA), como criterio para obtener el valor de generación a partir de la media aritmética del total de muestras, o bien,

un valor obtenido de dividir el producto del número de habitantes en cada estrato por su valor promedio entre el número total de habitantes. A partir de la tasa media anual de crecimiento poblacional y de la tasa de incremento anual de la generación per cápita, se realizó una proyección con un modelo lineal para obtener un valor estimado de la generación de los residuos en el municipio para los próximos 15 años.

Se registró la asociación de las proporciones encontradas para cada una de las categorías utilizadas en la caracterización de los residuos sólidos (Cuadro 2) y los diferentes estratos utilizando una tabla de contingencia χ^2 . Los datos de caracterización registrados en este estudio también se compararon en dos ocasiones con una prueba de bondad del ajuste χ^2 , utilizando como valores esperados tanto los valores registrados a nivel estatal como los registrados a nivel nacional. Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico r®.

RESULTADOS

Generación de residuos sólidos

Para realizar la evaluación de la tasa de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios se consideraron 89 de las 99 casas-habitación propuestas inicialmente

Cuadro 3 ■ Generación de residuos sólidos no domiciliarios.

FUENTE DE GENERACIÓN	ÍNDICE GENERACIÓN (ton/día)*	GENERACIÓN (ton/día)	PORCENTAJE (%)
COMERCIOS	0.1	3.6208	33.3
INSTITUCIONES	0.05	1.8104	16.7
CALLES Y JARDINES	0.05	1.8104	16.7
MERCADOS	0.1	3.6208	33.3
TOTAL		10.8624	100.0

en el estudio, debido a que siete fueron descartadas por no tener más de la mitad de sus registros diarios y tres fueron descartadas por presentar datos atípicos. El análisis de confiabilidad indica que con el tamaño de muestra considerado en los diferentes estratos se tiene más del 75% de confianza en las observaciones.

Se encontraron diferencias de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios entre estratos socioeconómicos ($F=5.27$; $g.l.= 2, 86$; $p=0.007$). El estrato alto y el estrato medio presentaron la mayor generación con un valor promedio de 0.550 y 0.487 kg/día respectivamente, en relación a la generación per cápita observada en el estrato bajo que tuvo un promedio de 0.375 kg/día (fig. 1). La tasa de generación per cápita de los residuos sólidos domiciliares ponderada en función del estrato socioeconómico fue de 0.437 kg/día.

Con el estudio de la tasa de generación se estimó una producción de desechos domiciliarios en el municipio de 15.828 ton/día. Respecto a la estimación de la tasa de generación de residuos sólidos no domiciliarios, constituidos por residuos generados en comercios, instituciones, mercados, calles y jardines, se estimó una tasa de generación de 10.862 ton/día (40.7% del total de los residuos sólidos urbanos). El total estimado de la tasa de generación de residuos sólidos totales en el municipio fue de 26.690 toneladas diarias (cuadro 3). La generación de residuos sólidos urbanos esperada en los próximos 15 años es de aproximadamente 150000 toneladas tal como se presenta en el cuadro 4.

Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios

No se encontraron diferencias de la generación de subproductos entre estratos ($\text{Chi}^2=7.43$, $g.l.=14$, $p=0.91$). Los resultados de la clasificación de los residuos sólidos domiciliarios se muestran en el cuadro 5. La materia orgánica es el subproducto de mayor generación (51 %) seguido de los residuos sanitarios (13 %) y los plásticos (12.7 %). Respecto a la comparación de los resultados de este estudio respecto a lo registrado a nivel estatal (IHNE, 2000) no se encontraron diferencias ($\text{Chi}^2=8.57$, $g.l.=5$, $p=0.12$), mientras que si hubo diferencias ($\text{Chi}^2=27.41$, $g.l.=5$, $p<0.010$) en comparación a lo reportado a nivel nacional (SEDESOL, 2004).

Discusión de resultados

La tasa promedio de generación per cápita de residuos (incluyendo los domiciliarios y los no domiciliarios) encontrada en este estudio fue de 0.737 kg/día. En comparación a lo registrado por el IHNE (2000), la tasa de generación encontrada en Chiapa de Corzo está por debajo del promedio nacional (0.910 kg/día), del promedio estatal (0.886 kg/día) y del promedio de la capital del estado (1.036 kg/día). Y es un valor similar a lo estimado para otras entidades del estado como Huixtla (0.7878 kg/día), Villaflores (0.7653 kg/día), Cintalapa (0.7536 kg/día) y Arriaga (0.7331 kg/día). Estos resultados indican que las diferencias en

Cuadro 4 ■ Proyección de la generación de residuos sólidos urbanos para los próximos 15 años.

AÑO	POBLACIÓN	GENERACIÓN PER CÁPITA (kg/hab-día)	GENERACIÓN (ton/día)
2007	36208	0.737	26.691
2008	37312	0.745	27.780
2009	38450	0.752	28.913
2010	39623	0.759	30.093
2011	40832	0.767	31.321
2012	42077	0.775	32.599
2013	43360	0.782	33.929
2014	44683	0.790	35.314
2015	46046	0.798	36.755
2016	47450	0.806	38.254
2017	48897	0.814	39.815
2018	50389	0.822	41.440
2019	51925	0.831	43.131
2020	53509	0.839	44.891
2021	55141	0.847	46.723
2022	56823	0.856	48.629

las tasas de generación de residuos pueden ser resultado de los cambios en los patrones de urbanización (Deffis, 1994).

La tasa promedio de generación per cápita de residuos fue diferente entre los estratos sociales considerados. En varios estudios realizados en zonas urbanas del país se ha observado la tendencia del estrato bajo a producir menor cantidad de residuos, diferencia que puede estar explicada por los hábitos de consumo determinados por el poder adquisitivo del estrato bajo (Deffis, 1994; Ojeda, 2004). Se encontró una tendencia en el estrato bajo a producir una mayor proporción de materia orgánica en sus residuos mientras que el estrato medio y alto produce mayor cantidad de plásticos y metales, sin embargo esta diferencia no fue significativa.

Se registró que la materia orgánica es el principal componente de los residuos generados (51.2%). La materia orgánica puede ser tratada para la elaboración de composta y reducir la cantidad de los residuos sólidos urbanos que llegan al sitio de disposición final o puede ser utilizada para producir biogás (Velázquez y Meraz, 2005; Salinas y Córdova, 2006). Los resultados arrojan un valor conjunto de 74.3% entre materiales potenciales para elaborar composta y recuperables, el aprovechamiento de estos recursos representaría una reducción de espacio de confinamiento, disminuiría el problema de acumulación, mitigaría el deterioro de la calidad ambiental, se tendrían ingresos económicos por demanda de mano de obra, y se reduciría la generación de biogás y lixiviados (Salinas y Córdova, 2006).

Debido a que diversos estudios han mostrado que el manejo de los residuos sólidos urbanos puede representar un problema para la salud humana y el ambiente (Escamirosa *et. al.*, 2001; Jaramillo y Zepeda, 1991; Velázquez y Meraz, 2005), este trabajo proporciona información básica para implementar estrategias de manejo de los residuos sólidos en la zona de estudio que mitiguen el impacto ecológico como el reciclaje o cualquier otro tipo de tratamiento biológico, químico y físico que mitigue el impacto ecológico de la disposición de residuos.

El incremento de la tasa de generación de residuos sólidos y la modificación de la diversidad de materiales que los componen demanda nuevas alternativas de tratamiento, nueva tecnología para establecer sistemas de manejo, control y aprovechamiento que resguarden la calidad de vida de la población. Para lograr esto es necesario conocer las características cualitativas y cuantitativas intrínsecas de los residuos.

CONCLUSIONES

La generación per cápita de RSD encontrada fue de: 0.550 kg/hab-día en el estrato alto, el estrato medio de 0.487 kg/hab-día y el estrato bajo con 0.375 kg/hab-día.

La tasa de generación per cápita domiciliaria estimada en la cabecera municipal de Chiapa de

Corzo mediante un promedio ponderado fue de: 0.487 kg/hab-día y la generación total de RSD fue de 15.828 ton/día, de las cuales un 42.9% proviene del estrato bajo, 44.50% del estrato medio y el resto del estrato alto.

Los residuos sólidos no domiciliarios, constituidos por residuos generados en comercios, instituciones, calles, jardines y mercados, están presentes con un total de 10.862 ton/día, y una generación per cápita de 0.300 kg/hab-día.

La tasa promedio de generación per cápita de residuos (incluyendo los domiciliarios y los no domiciliarios) encontrada en este estudio fue de 0.737 kg/día, valor típico en poblaciones como la estudiada debido a que la diferencia encontrada con promedios de municipios de similares características del Estado no es significativa. Asimismo, de las 26.691 ton/día de RSU y ME generadas, el 40.7% provienen de los residuos no domiciliarios y el resto de los domiciliarios.

Con respecto a la caracterización, cuantificación y generación de los residuos sólidos domiciliarios, predomina la materia orgánica con 51.2%, 23.1% pertenece a los residuos potencialmente reciclables, y los no reciclables con 25.7%. Por ello se puede pensar que existe potencial para un plan de reciclaje.



AGRADECIMIENTOS

Por su ayuda en el muestreo a Manuel Fernández Roblero, Daniel Pérez Ventura, Wilder Gabriel Pérez, Ervin Pérez Hernández, Luis Pérez Escalante, Luis López Briones, Nhemias de Jesús Vázquez, Sergio Ramírez González.

BIBLIOGRAFÍA

AYUNTAMIENTO DE CHIAPA DE CORZO. 2005. PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO (PMD). Chiapas. Ayuntamiento de Chiapa de Corzo (2005-2007).

CORTINAS DE NAVA C. 2001. "Hacia un México sin basura. Bases e implicaciones de las legislaciones sobre residuos. Teorema ambiental 34". Disponible en http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=54&id_art=1997&id_ejemplar=76

DEFFIS A. 1994. LA BASURA ES LA SOLUCIÓN. Concepto S.A. México. D.F.

ESCAMIROSAL., G. DEL CARPIO, G. CASTAÑEDA Y C. QUINTAL FRANCO. 2001. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS. Plaza y Valdez Editores. México.

IHNE. 2000. DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Instituto de Historia Natural y Ecología, Chiapas.

IHNE. 2002. PROGRAMA ESTATAL DE ATENCIÓN A LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Instituto de Historia Natural y Ecología, Chiapas.

———. 1985. NORMAS OFICIALES MEXICANAS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, México D.F.: (NMX-AA-015-1985) Muestreo-Método de Cuarteo.

(NMX-AA-022-1985) Selección y Cuantificación de Subproductos. (NMX-AA-061-1985) Determinación de la Generación.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 2000. CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA. Chiapas.

OJEDA S. 2004. "Generación de residuos sólidos domésticos y su diferenciación por estrato socioeconómico en la familia Mexicalense". Universidad Autónoma de Baja California Instituto de Ingeniería. Mexicali, Baja California, México. Disponible en <http://www.bvsd.paho.org/bvsaidis/mexico2005/ojeda.pdf>

JARAMILLO J. Y F. ZEPEDA. 1991. GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES. Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C.

SEDESOL. 2004. MANUAL TÉCNICO SOBRE GENERACIÓN, RECOLECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Secretaría de Desarrollo Social. México.

GUTIÉRREZ V. 2006. DIAGNÓSTICO BÁSICO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología. México D.F.

SALINAS M. Y A. CÓRDOVA. 2006. MANUAL DE COMPOSTAJE MUNICIPAL. TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES/ INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. México.

VELÁZQUEZ A. Y R. L. MERAZ. 2005. "Plan de manejo para los residuos sólidos urbanos en la cabecera municipal de San Pedro Pochutla, Oaxaca". XV CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS AMBIENTALES. Guadalajara, México.