

PROPUESTA • PARA LA *gestión* *sustentable* DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

EN LA ZONA CENTRAL CONURBADA DE TOLUCA

*Proposal for sustainable urban solid waste management
in the central area of Toluca*

ERIKA RODRÍGUEZ-DE GRESS*, JOSÉ LUIS MONTESILLO-CEDILLO**

RESUMEN. Uno de los problemas ambientales que tiene México es el manejo o gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU). Generar RSU forma parte de la actividad propia de los seres humanos y todo residuo al igual que toda materia está sujeta a los efectos del medio ambiente. El transformar la naturaleza, modificar el ambiente, entre otras cosas, es lo que constituye el avance de la civilización, logrando que una de las principales características de la sociedad contemporánea sea su enorme capacidad de consumo, por lo que la generación de residuos sólidos es y será una actividad propia del ser humano y cualquiera que sea su época, la huella de su paso se irá marcando por una pesada carga de desechos hacia el medio ambiente. El objetivo de la investigación es elaborar un modelo de minimización de RSU para la zona central conurbada de Toluca, por medio de un estudio comparativo de las fortalezas y debilidades de programas de manejo de RSU exitosos nacionales e internacionales, con la finalidad de generar una propuesta aplicable a las condiciones de la zona objeto de estudio, que permita prolongar la vida útil de los rellenos sanitarios o sitios de disposición final controlados, reducir los costos de confinamiento, y ayudar a disminuir el impacto ambiental derivado de la creciente generación de dichos residuos sólidos urbanos.

ABSTRACT. One of the environmental problems facing Mexico is the operation or management of municipal solid waste (MSW). Generate MSW is part of the activity of human beings and any residue like all matter is subject to the effects of the environment. The transform nature, modify the environment, among other things, is what constitutes the advancement of civilization, making one of the main features of contemporary society is its enormous capacity for consumption, so that the generation of solid waste is and it will be an activity of human beings and whatever their era, their mark will be dictated by a heavy load of waste into the environment. The objective of this research is to develop a model of minimization of municipal solid waste (MSW) for the central conurbation of Toluca by a comparative study of the strengths and weaknesses of management programs of national and international successful municipal solid waste, in order to generate a proposal applicable to the conditions of the study area that allows extend the life of landfills or sites controlled disposal, reduce cost containment, and help reduce the environmental impact derived from the growing generation of such municipal solid waste.

Palabras clave: medio ambiente, minimización, reciclaje, residuos, sustentabilidad.

Key words: environment, minimization, recycling, waste, sustainability.

Los residuos son restos o partes de algún producto, comúnmente se conocen como basura, sin embargo, es necesario distinguir entre basura y residuos sólidos (RS). Basura, es aquella fracción de desechos que ya no tienen posibilidad alguna de reutilización ni reciclaje; y RS, logran ser reciclados o reutilizados en otros procesos de producción, por ello tienen o pueden tener valor económico (SEDESOL, 2012).

La disposición final de los residuos se refiere a su depósito o confinamiento permanente en sitios e instalaciones que permitan evitar su presencia en el ambiente y las posibles afectaciones a la salud de la población y de los ecosistemas. En el país se cuenta con dos tipos de sitios de disposición final legalmente aprobados en la Norma 083: los rellenos sanitarios y los sitios de disposición controlados. Los rellenos sanitarios involucra métodos y obras de ingeniería particulares que controlan básicamente la fuga de lixiviados que son altamente contaminantes del agua y de la tierra, y la generación de biogases. Por su parte, los sitios de disposición final controlados son rellenos de tierra que, aunque comparten las especificaciones de los rellenos sanitarios en cuanto a infraestructura y operación, no cumplen con las especificaciones de impermeabilización para el control de los lixiviados. Cabe mencionar que en México los sitios de disposición final no

Fecha de recibido:
16 de agosto de 2016
Fecha de aceptado:
14 de diciembre de 2016

* Universidad Autónoma
del Estado de México, México
eridegress2907@hotmail.com

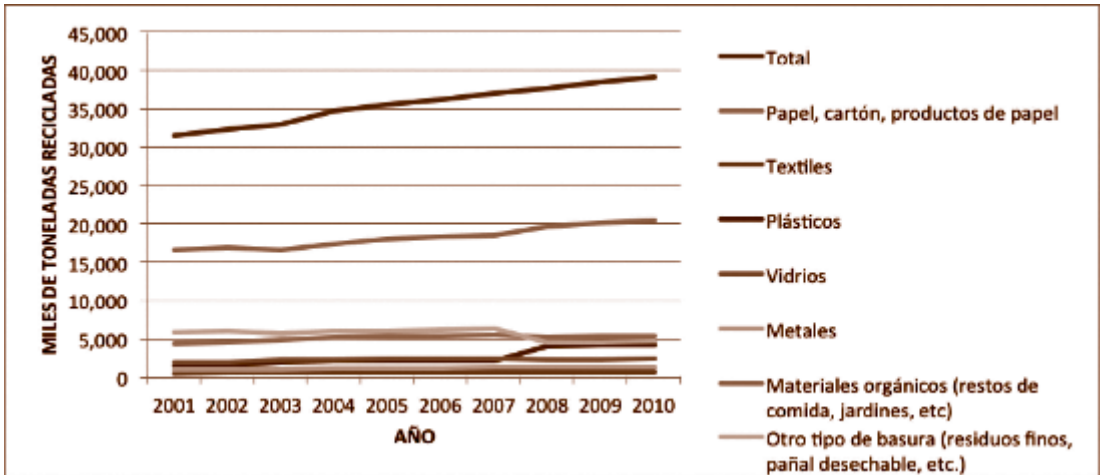
** Universidad Autónoma
del Estado de México, México
jlmontesilloc@uaemex.mx

controlados refiriéndose a éstos como tiraderos a cielo abierto continuaban siendo frecuentes.

En 2010, la generación de RSU en México fue de 39 055 de toneladas, lo cual representa un incremento de 24% respecto del 2001 (SEMARNAT, 2010). La generación de RSU *per cápita* en el 2010 fue de 1.250 kg/día. No obstante, la prospectiva de la misma SEMARNAT (2012) para el 2025, esta generación *per cápita* crecerá 30%.

La generación de RSU, en el Estado de México, en el 2010 fue de 6 484.23 toneladas, lo cual representó un incremento de 25.95% respecto del 2001 (SEMARNAT, 2012). La generación de RSU del Estado de México en el 2010 representó 16.19% del total nacional.

El reciclaje de RSU en el país continúa siendo muy bajo con respecto al total generado, se estima que sólo es del 8 al 12%, el resto es depositado en rellenos sanitarios, sitios de disposición final y a cielo abierto (gráfica 1).



GRÁFICA 1. CANTIDAD DE MATERIAL RECICLADO EN MÉXICO (2010).

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN DATOS DE SEMARNAT, SINARN, BASE DE DATOS ESTADÍSTICOS, MÓDULO DE CONSULTA TEMÁTICA, DIMENSIÓN AMBIENTAL, MAYO, 2010.

A pesar de que la minimización o reducción de los RSU es una política necesaria para el manejo sustentable de los desechos municipales, y se ha establecido en países industrializados del mundo como una estrategia prioritaria, en los países en vías de desarrollo y en particular en México, en general, no se impone en la práctica aun cuando está presente en regulaciones ambientales y recomendaciones gubernamentales (Maldonado L., 2006: 60). Williams (1998), define la reducción o minimización de los residuos sólidos urbanos (RSU) como cualquier técnica, proceso o actividad que evite, elimine o reduzca un desecho desde su fuente u origen (citado por Maldonado L., 2006: 60).



IMAGEN 1. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

METODOLOGÍA

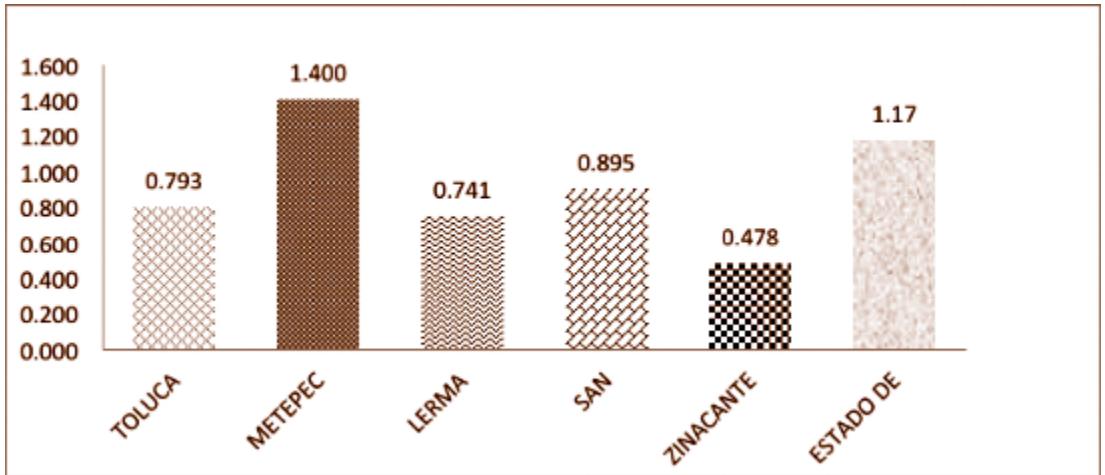
El presente trabajo se circunscribe a la zona central conurbada de Toluca, la cual incluye los municipios de Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, Toluca y Zinacantepec. Algunos estudios (Negrete y Salazar, 1995; citado por Arteaga, 2005: 75) consideran al conjunto de estos municipios como una versión reducida de la zona metropolitana del Valle de México.

Para realizar el diagnóstico de la gestión que se hace de los RSU, en la zona central conurbada de Toluca, se seleccionó una muestra no probabilística del personal que labora directamente en la gestión de los RSU en cada uno de los ayuntamientos considerados en el presente estudio. Se hicieron entrevistas semiestructuradas: una dirigida a los responsables de la gestión de los RSU en cada municipio; y la otra, a los operadores de las unidades recolectoras de dichos residuos. Así, se entrevistaron a los responsables del manejo o gestión de los residuos de cada ayuntamiento, lo cual equivale a cinco; y a 15 operadores de unidades recolectoras de residuos, equivalente a tres por cada uno de los cinco municipios considerados en el presente estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los RSU en la zona objeto de estudio se depositan en tiraderos a cielo abierto, esto, aparte de ser costoso —se estima que el costo asciende a 130 millones de pesos anuales— afecta gravemente a los ecosistemas y es un peligro potencial para los mantos acuíferos, lo cual es insostenible a largo plazo.

De acuerdo con las entrevistas y la bibliografía consultada en la presente investigación, se describe



a continuación el manejo de los RSU en Toluca y su zona conurbada.

GRÁFICA 2. GENERACIÓN DE RSU EN TOLUCA Y ZONA CONURBADA (2013).

FUENTES: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN DATOS DE ENTREVISTAS APLICADAS A LOS H. AYUNTAMIENTOS DE TOLUCA, METEPEC, LERMA, ZINACANTEPEC Y SAN MATEO ATENCO, SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE DE 2013.

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La generación de residuos es el resultado directo de toda actividad desarrollada por el hombre; actualmente la sociedad de consumo genera una enorme cantidad y variedad de residuos, que con el tiempo ha aumentado significativamente.

Si se calcula la generación de RSU por habitante, se observan diferencias significativas, resultado básicamente de la influencia de calidad de vida, niveles de ingreso y grado de urbanismo, entre otros. De la zona de estudio, el municipio de Metepec es el que muestra el promedio más alto de RSU por persona (1.4 kg/per cápita) y que está por arriba de la media estatal, le sigue San Mateo Atenco (0.895 kg/per cápita), Toluca (0.793), Lerma (0.741) y Zinacantepec (0.478). Cabe mencionar que en San Mateo Atenco el promedio se eleva, debido a la presencia de los tianguis de zapatos.



FOTOGRAFÍA 1. RECOLECTORES INFORMALES EN SAN BUENAVENTURA, TOLUCA, FEBRERO DE 2014.

FUENTE: ERIKA R. DE GRESS.

RECOLECCIÓN

La cobertura en la recolección de los residuos en Toluca y zona conurbada alcanza un 90%, la mayoría de los sitios que no son atendidos por la recolección domiciliaria municipal son de tipo irregular. En este sentido, las pendientes del terreno y las secciones de las calles (4 a 6 m), impiden en la mayoría de los casos una adecuada disposición de rutas de recolección de la basura. No obstante, son servidos por recolectores informales; lamentablemente los



FOTOGRAFÍA 2. UNIDADES RECOLECTORAS DE CHATARRAS, METEPEC.

FUENTE: ERIKA R. DE GRESS.

residuos que no se recogen se queman y/o se tiran en lugares inadecuados.

Por otro lado, los vehículos recolectores varían de acuerdo al tamaño del municipio y a su población. San Mateo Atenco es el municipio que cuentan con menos unidades (14), mientras que Toluca cuenta con el mayor número de vehículos (112). Sin embargo, no hay que perder de vista que los ayuntamientos tienen un porcentaje considerable de vehículos en reparación y el gasto en los servicios de limpia no es prioritario, por lo que el servicio de recolección se ve entorpecido. La mayoría de las unidades en todos los municipios hacen de uno a dos viajes y las opera un chofer y dos acarreadores que hacen preselección de residuos durante el recorrido.

DISPOSICIÓN FINAL

En Toluca y la zona conurbada, los vehículos recolectores acuden directamente al sitio de disposición final con excepción de San Mateo Atenco, que es el único que cuenta con una estación de transferencia en donde los RSU se almacenan y se separa un porcentaje hasta que son transportados al sitio de disposición final (ver tabla 1).

En los años 90, Toluca contaba con un sitio de transferencia que estaba situado al suroeste de la ciudad. Debido al crecimiento urbano, este sitio fue cerrado, saneado y reubicado en la Delegación de San Juan Tilapa, sin embargo, debido a un desacuerdo social este sitio está sin servicio desde hace varios años.

De acuerdo con las entrevistas aplicadas en la zona conurbada de Toluca, el costo promedio para

un ayuntamiento de recolectar y desechar una tonelada de RSU es de 297 pesos, aunque puede ir desde 100 hasta 652 pesos, tomando en cuenta el pago a empleados, parque vehicular e inversión y mantenimiento del sitio de desecho final.

Los costos aproximados de confinamiento de RSU anuales en la zona son cerca de 130 millones de pesos.

RECICLAJE

A pesar de que el volumen de RSU que se recicla en el país se ha incrementado en los últimos años, aún resulta bajo. De acuerdo con la SEMARNAT, se recicla un promedio de 4.8% del volumen de RSU generados; no obstante, esta cifra alcanza 10% en virtud de que muchos de los RSU susceptibles de reciclarse se recuperan antes de llegar a los sitios de disposición final, tanto en los contenedores como en los vehículos de recolección. Los materiales que más se recuperan son papel, cartón y productos de papel, vidrio, pet, aluminio y plásticos.

En el municipio de Toluca, del volumen total de RSU recuperados, el mayor porcentaje correspondió a pet (76%), seguido por papel y cartón (18%), vidrio (3%), metales (2%) y plásticos (1%).

Municipio	Toneladas diarias de RSU	Municipio con Relleno Sanitario que recibe los RSU
Toluca	650	San Antonio La Isla y Zinacantepec
Metepc	300	San Antonio La Isla
Lerma	100	Xonacatlán
San Mateo Atenco	65	Xonacatlán
Zinacantepec	80	Zinacantepec

TABLA 1. MUNICIPIOS DE CONFINAMIENTO DE RSU (2013).

FUENTES: CREACIÓN PROPIA CON BASE EN DATOS DE ENTREVISTAS APLICADAS A LOS H. AYUNTAMIENTOS DE LA ZONA, SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE DE 2013.

Municipio	Toneladas de RSU/día	Costo/ton/día	Promedio de costo/ton/día	Costo anual
Toluca	650	652	297	\$70 463 250
Metepc	300	197		\$32 521 500
Lerma	180	100		\$19 512 900
San Mateo A.	65	144		\$7 046 325
			Total	\$129 543 975

TABLA 2. COSTOS DE CONFINAMIENTO POR TONELADA DE RSU (2013).

FUENTES: ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN DATOS DE ENTREVISTAS APLICADAS A LAS ÁREAS RESPONSABLES DE RESIDUOS URBANOS DE CADA UNO DE LOS AYUNTAMIENTOS DE LA ZONA CONURBADA DE TOLUCA, SEPTIEMBRE 2013.

PROPUESTA DE GESTIÓN SUSTENTABLE DE RSU PARA LA ZONA CENTRAL CONURBADA DE TOLUCA

Suecia, cuya población es de las más grandes de los países nórdicos, es un país ejemplar en la recuperación de energía a partir de residuos. Esta recuperación energética se basa principalmente en la incineración de sus residuos, a partir de la cual se provee de energía para la calefacción urbana del 20% del país y para la electricidad de unas 250.000 familias. El manejo de los desechos en este país se ha convertido en una industria y fuente de empleo (Alcaldía de Santiago de Cali, 2012).

Por lo contrario, la tendencia en México, es de incrementar la generación de residuos, así como su deficiente disposición final, aunado a una falta de cultura ambiental y la clara desvalorización que la mayoría de la sociedad le otorga a los residuos. Por otro lado, el método de conversión anaerobia es una opción ambientalmente segura.

PLANTAS DE TRATAMIENTO: UNA INFRAESTRUCTURA NECESARIA

La creciente demanda del servicio de recolección de RSU requiere de un incremento en la infraestructura con la que se esté en posibilidades de manejar adecuadamente los RSU.

Ahora bien, con el paso del tiempo, la ubicación de la infraestructura requerida tiende a alejarse de los centros urbanos, por lo que es conveniente que se realice una planeación regional integral con perspectivas de largo plazo que posibilite el fortalecimiento de la infraestructura para el manejo de los RSU.

Los sistemas integrales requieren sistemas de recolección y transporte, así como de infraestructura para el tratamiento y separación de desechos.

En la actualidad, las plantas de separación y tratamiento para RSU se están volviendo una instalación necesaria en las grandes ciudades. En México, las tasas de crecimiento están por debajo de lo esperado, pues sólo se recicla 10% del total de los RSU generados.

La captura de biogás se hace a través de la conversión biológica de desechos de tipo orgánico mediante el cual diferentes grupos bacterianos utilizan esta materia para alimentarse. Este proceso de descomposición de la materia genera una cantidad importante de gas metano, dióxido de carbono, algo de nitrógeno, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno. El gas generado, biogás, puede ser utilizado para calefacción o bien en generadores eléctricos. Mediante este proceso se estima que por cada tonelada de residuos orgánicos pueden llegar a generarse hasta 175 kWh, energía suficiente para alimentar un refrigerador estándar por dos meses (SENER, 2014).

Al nivel mundial, Alemania y Suecia han puesto el ejemplo a seguir en este tema. En Alemania existen más de 5 000 plantas de biogás en todo el país. Tan sólo en 2010, dichas plantas gene-

raron más de 13 TWh (miles de millones de kilowatts/hora), representando aproximadamente 2% de toda la energía renovable generada en el país (IMCO, 2012).

Por otro lado, el residuo digerido puede también ser de mucha utilidad como bioabono. Dado que no tiene olor y presenta características similares al *humus*, favorece la fijación de carbono en los suelos, y puede mejorar la capacidad de absorción de agua. Por lo tanto, se propone la instalación de una planta de tratamiento integral de los RSU con capacidad para capturar biogás y producción de bioabono a través de conversión anaerobia.

Este método de tratamiento favorece el reciclado y la recuperación de los materiales que componen los RSU en todo el proceso: en la etapa de separación, se recuperan los residuos inorgánicos para ser reciclados, lo que disminuye la presión sobre los recursos naturales (extracción, producción y transporte de nuevos productos) y reintroduce en el sistema productivo dichos materiales; en la etapa de digestión anaeróbica de la fracción orgánica, además de producir bioabono, se reducen las emisiones de metano (ver diagrama 1).

Así, de los productos primarios obtenidos con esta tecnología de tratamiento de residuos, se puede hacer una recuperación de productos o energía en una etapa posterior, y de esta manera se logra un impacto directo en la reducción de emisiones de Gases de Efecto invernadero.

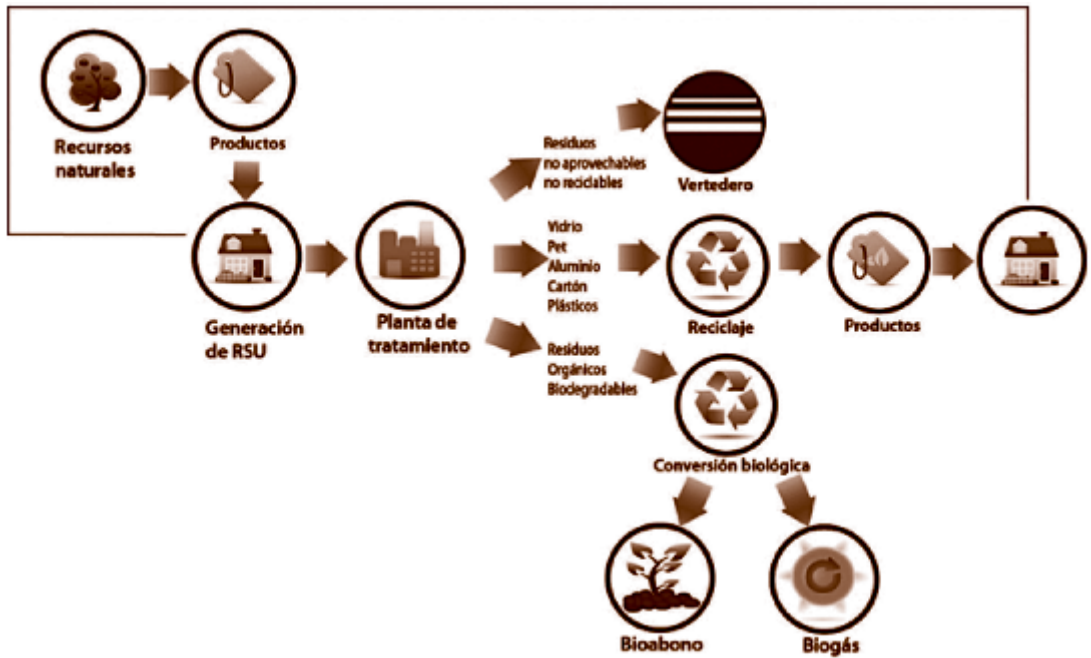


DIAGRAMA 1. CICLO DE RSU A TRAVÉS DE BIOGÁS Y PRODUCCIÓN DE BIOABONO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

CONCLUSIONES

La zona centro conurbada de Toluca está conformada por los municipios de Toluca, Metepec, Zinacantepec, Lerma y San Mateo Atenco. De acuerdo con la información recabada en las entrevistas realizadas, se tiene que la generación *per cápita* por día de RSU por municipio es la que se muestra en la tabla 3.

De esta información se pueden desprender las siguientes generalidades: i) a mayor porcentaje de población urbana mayor generación de RSU; y ii) a mayor ingreso mayor generación de RSU.

La cobertura en la recolección de los residuos en la zona centro conurbada de Toluca alcanza un 90%. La mayoría de los sitios que no son atendidos por la recolección domicilia-

ria municipal son de tipo irregular, las pendientes del terreno y las secciones de las calles (4 a 6 m), impiden, en la mayoría de los casos, una adecuada recolección. No obstante, son servidos por recolectores informales, y los residuos que no se recogen se queman, o se tiran en lugares inadecuados.

En el Estado de México el servicio de recolección generalmente envía directamente los RSU a diversos rellenos sanitarios, pues no existen sitios de transferencia que destinen el material a un sistema de reciclaje y aprovechamiento. En general, son los operadores de los vehículos municipales de recolección, recolectores de la calle y pepenadores quienes, para obtener un ingreso, se ocupan de recuperar materiales para venderlos a los centros de acopio informales ubicados en los municipios.

Municipio	% de población urbana	% de población semiurbana	% de población rural	Ingreso per cápita en dólares de paridad de poder de compra de 2005	RSU per cápita kg/día*
Toluca	77	17	6	11 686	0.741
Metepec	76	20	4	16 878	1.400
Lerma	17	48	35	8 177	0.478
Zinacantepec	42	38	20	7 301	0.793
San Mateo Atenco	94	5	1	8 593	0.895

TABLA 3. POBLACIÓN, INGRESO *PER CAPITA* Y GENERACIÓN DE RSU *PER CAPITA* KG/DÍA.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE "ESTADÍSTICAS BÁSICAS DEL IGECEM", IGECEM.EDOMEX.GOB.MX/DESCARGAS/ESTADÍSTICAS

*WWW.INAFED.GOB.MX/WORK/MODELS/INAFED/RESOURCE/./SIHA_2_2_2_4.XLS

También, existen aspectos del manejo de residuos que hasta ahora han sido ignorados en la mayoría de los municipios de la zona objeto del presente trabajo y que son de gran importancia en términos tanto económicos como ambientales. En particular, la reducción del volumen de residuos y la reutilización deben ser prioridad en las políticas de gestión de los rsu.

Los casos de éxito expuestos tienen en común tres elementos: compromiso político por parte de la administración pública, entrega de incentivos económicos a todos los participantes y concientización de la población mediante una educación ambiental, elementos que tienen o pueden implementar los municipios de la zona centro conurbada de Toluca.

a MAYOR PORCENTAJE DE POBLACIÓN URBANA MAYOR GENERACIÓN DE RSU; y a MAYOR INGRESO MAYOR GENERACIÓN DE RSU.

FUENTES DE CONSULTA

Alcaldía de Santiago de Cali, Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente, Colombia (2012), *Delegados en Suecia, un país líder en reciclaje*, [En línea] <http://www.cali.gov.co/publicaciones/delegados>, consultado en marzo de 2014.

Arteaga, B.N. (2005), "Los estudios sobre la zona metropolitana del valle de Toluca. Aproximaciones estructurales y centradas de los actores", *Región y Sociedad*, vol. XVII, núm. 33, México, pp. 71-105.

IMCO (2012), *El municipio: una institución diseñada para el fracaso. Propuestas para la gestión profesional de las ciudades*, IMCO.

Maldonado L. (2006), "Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso Ingeniería", *Revista Ingeniería*, vol. 10, núm. 1, México, pp. 59-68.

Estadísticas Básicas del IGECEM (2014), [En línea] edomex.gob.mx/descargas/estadisticas (02/12/2014).

SEDESOL (2012), *Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*. Texto Vigente. DOF 30-05-2012.

SEMARNAT (2012), *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental.

SENER (2014), *Secretaría de Energías Renovables*, [En línea] <http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2190&lang=2>, consultado en abril de 2014.