

GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

María del Consuelo HERNÁNDEZ-BERRIEL¹, Quetzalli AGUILAR-VIRGEN²,
Paul TABOADA-GONZÁLEZ², Roberto LIMA-MORRA³, Mónica ELJAIK-URZOLA⁴,
Liliana MÁRQUEZ-BENAVIDES⁵ y Otoniel BUENROSTRO-DELGADO^{5*}

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Instituto Tecnológico s/n. Fraccionamiento La Virgen. C.P. 52149, Metepec, Edo. de México, México

² Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. Calzada Universidad #14418, Parque Industrial Internacional Tijuana, Tijuana, Baja California, México, C.P. 22390

³ Centro de Tecnología Apropriada/Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción Campus Santa Librada. Asunción, Paraguay

⁴ Facultad de Ingeniería. Universidad de Cartagena. Campus Piedra de Bolívar. Cartagena, Colombia

⁵ Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró s/n, Col. San Juanito Itzicuaró. Morelia, Mich. C.P. 58330, Mexico

*Autor para correspondencia: otonielb@umich.mx

(Recibido mayo 2014; aceptado diciembre 2015)

Palabras clave: gestión, residuos, subproductos, reciclables

RESUMEN

En América Latina y el Caribe (ALC) las viviendas continúan siendo la fuente principal de generación de los residuos sólidos urbanos (RSU), por lo que la información veraz sobre la generación y composición es fundamental para su gestión, ya que en general carecen de infraestructura suficiente para el tratamiento adecuado de éstos. Esta investigación analiza la generación de residuos sólidos domésticos (RSD), a efecto de comparar su composición y establecer similitudes y diferencias que inciden en los patrones de generación de RSU en esta región. El análisis y comparación de la composición se realizó con base en datos de generación de RSD (kg/hab-d) de las ciudades de Asunción, Paraguay; Ensenada, San Quintín, Vicente Guerrero, Morelia y Zinacantepec, México; Mataucana y Trujillo, Perú; Cartagena, Colombia y Quito, Ecuador. Entre los principales resultados se encontraron variaciones en la generación y composición de los RSD de las ciudades estudiadas y la fracción orgánica continua siendo predominante; no obstante la heterogeneidad de la composición se ha incrementado, siendo la mayor parte de componentes reciclables. Los análisis de generación en los países de estudio confirman que las viviendas de ALC mantienen una estratificación socioeconómica similar pero que no incide en la composición y cantidad de residuos sólidos producidos. Lo anterior corrobora la importancia de contar con datos precisos y actualizados de tasas de generación y composición, ya que estos datos son críticos para el diseño de programas de gestión que incluyan el reciclaje y la disposición final adecuada.

Key words: Management, waste, by-products, recyclable

ABSTRACT

Presently, in Latin America and the Caribbean, the bulk generation of urban solid waste (USW) derives mainly from the domestic source; hence it is of paramount importance to have reliable data about solid waste generation and composition. Proper solid waste management relies heavily on the access to this information. The present research analyzes the generation of domestic solid waste (DSW) in order to compare the composition of this stream, identifying similarities and differences that influence the waste generation patterns in the studied regions. The analysis and comparison of the composition of DSW was performed using data from the cities of Asunción, Paraguay; Ensenada, San Quintín, Vicente Guerrero, Morelia and Zinacatepec in Mexico; Mataucana and Trujillo in Perú, Cartagena, Colombia and Quito, Ecuador. Main results showed variations amongst the generation and composition of DSW; the organic fraction being the main component of the stream. The heterogeneity of the waste has increased, most of the components being recyclable. Analysis of generation in the countries of the study confirm that the homes of LAC have a similar socio-economic stratification but that does not affect the composition and quantity of solid waste produced. These findings support the idea that it is essential to have consistent and up-to-date data in order to plan appropriate final disposal and recycling strategies.

INTRODUCCIÓN

Generación de residuos sólidos domésticos en ALC

La gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU) continúa siendo un tema pendiente para América Latina y el Caribe (ALC). De acuerdo con el Banco Mundial, se proyecta que la generación de RSU en esta área del mundo pasará de las 130 millones de toneladas que se produjeron en el 2012, a 220 millones de toneladas en 2025 (Hoornweg y Bhada-Tata 2012). En ALC la agenda de la gestión integral de los RSU tiene aspectos que aun necesitan de atención prioritaria, pues predomina el subfinanciamiento para la disposición final de los RSU; de acuerdo con Hoornweg y Gianelli (2009), la erogación promedio de los municipios para la gestión de los RSU es del 2-8% del presupuesto de los municipios. Lo anterior se traduce en varios problemas: la carencia de personal capacitado en el manejo de residuos sólidos (sobre todo fuera de las mega ciudades de ALC); la cobertura de recolección de RSU aunque es alta (93%), la diferencia entre países es extrema, como son los casos de Haití y Guatemala; la tasa de disposición apropiada de RSU, aún es baja, ya que sólo el 54% de los RSU se depositan en rellenos sanitarios, el 18% en vertederos controlados y el 25% en tiraderos a cielo abierto (ONU 2012). Aunado a lo anterior, el aumento de la población y de las tasas de generación de RSU y una baja educación ambiental de la población, que vierten sus residuos en lugares públicos, vía pública, a cielo abierto, en arroyos, ríos y lagunas, lo cual se traduce en el deterioro de las

condiciones sanitarias urbanas con los consiguientes problemas de salud pública y contaminación ambiental (OPS-AIDIIS-BID 2010).

Asuntos como la injerencia del sector privado en la gestión de los RSU (recolección, y disposición final), la inclusión de los pepenadores (separadores informales en esquemas del manejo integral de residuos) y la influencia de la disposición de los RSU en el contexto del cambio climático; hacen del tópico de la generación de RSU en ALC de una vigencia importante.

El **cuadro I** muestra los reportes oficiales de la cobertura de recolección y método de disposición final de los RSU en algunos países de América Latina (AL). Se observa una gran disparidad en la construcción de rellenos sanitarios y como variable afín, la nula cobertura o carencia de datos del servicio de recolección en la zona rural de los países del área; no obstante la desigualdad del servicio puede ser extrema, p.e., en México la media nacional de disposición apropiada de RSU es de alrededor del 60% y Chile, el país que reporta la mayor disposición en ALC, es de 80% (Calvo et al. 2007).

Variables que inciden la generación y composición de los residuos sólidos en el área de estudio.

Conocer la composición de los RSU es fundamental para planificar cualquier tipo de estrategia nacional para el manejo de residuos; sin embargo, es complejo obtener datos de buena calidad y consistentes. En ALC es común encontrar reportes oficiales de la composición y generación de RSU (Hoornweg

CUADRO I. REPORTES OFICIALES DEL % DE LA DISPOSICIÓN FINAL Y DE LA COBERTURA DE RECOLECCIÓN DE RSU EN DISTINTOS PAÍSES DE AL (NO INCLUYE LOS MATERIALES SUSCEPTIBLES DE APROVECHAMIENTO)

PAIS	Disposición final de RSU en relleno sanitario (%)		Cobertura de recolección (%)		
	Relleno sanitario	Tiraderos a cielo abierto	Zona urbana	Zona Rural	Municipios con servicio de recolección (%)
¹ Colombia	93	5	NR	NR	NR
² Argentina	56	44	NR	NR	NR
^{3a, 3b} Chile	60z	40	95a	NR	99.1b
⁴ México	72	23	90	13	NR
⁵ Perú	17	66.6	70.62a	NR	NR
Honduras	3.69	NR	76-90	NR	20

¹SSPD (2011); ²SADN (2009); ^{3a}CONAMA (2010); ^{3b}Vázquez, 2011; ⁴SEMARNAT (2009); ⁶CEPIS/OPS/OMS (2009).

a. Incluye ambas zonas urbanas y rurales; b. Solo municipios urbanos

NR: No reportado

y Bhada-Tata 2012, OPS-AIDIIS-BID 2010, ONU 2012), pero es difícil conocer en realidad que tan precisos son estos datos que proceden de grandes promedios nacionales, que incluyen sin distinción áreas rurales, urbanas, distintos estratos socioeconómicos, etc.

El debate sobre la influencia de variables socioeconómicas en la generación de residuos sólidos es amplio entre los grupos de investigación y los reportes de estudios de agencias gubernamentales. Por un lado, hay autores que reportan que no existe una relación estadística entre el ingreso y la tasa de generación de residuos, pero si se muestran diferencias en la composición de los RSD (Getahun et al. 2012, Monavari et al. 2012). Similarmente, Xue et al. (2011) reportan que el producto interno bruto (PIB) no tiene correlación significativa con la producción de RSU, ya que que esta última generalmente se incrementa más rápido que la población. Existe un amplio consenso en relación a que los estratos de población de altos ingresos generan más residuos sólidos (Gómez et al. 2009, Ogwueleka 2013), y también que el contenido de la fracción orgánica (FO) es mayor en países en desarrollo (Akinci et al. 2012) y en las áreas rurales.

El **cuadro II** muestra información compilada de diversas fuentes sobre la generación per cápita (kg/hab-d) de RSU, así como económica de la Paridad del Poder de Compra (PPC), la cual es la suma final de cantidades de bienes y servicios producidos en un país, al valor monetario de un país de referencia, con tipos de conversión de monedas y deflatores espaciales de precios. Convierten diferentes monedas

a una moneda común y, en el proceso de conversión, igualan su poder de compra al eliminar las diferencias en los niveles de precio entre países, en USD\$ de 35 países incluidos en ALC, esta información se muestra ordenada en seis rangos de ingreso (menor a mayor) conforme a la regla de Sturges para determinar la cantidad de intervalos (Schuenemeyer y Drew 2011).

De estos datos se observa una producción per cápita promedio de RSU de 1.6 kg/hab-d y una PPC promedio de USD\$ 13000. Un análisis de correlación de estas variables muestra una relación prácticamente nula ($R^2 = 0.0819$), ya que por ejemplo se observa a los países comprendidos dentro del primer intervalo (USD\$ 1170-6830) como Guyana con una PPC baja (USD\$ 3440) y una generación alta (5.33 kg/hab-d), a diferencia de Bolivia que tiene una PPC de USD\$ 5100 y una generación baja (0.46 kg/hab-d).

Dada la importancia que tienen las viviendas como generadores de residuos sólidos en los sistemas de aseo municipales en la región, este trabajo tuvo como objetivo general comparar la composición de los residuos sólidos domésticos (RSD) procedentes de estudios de generación efectuados en ciudades de Paraguay, Colombia y México y establecer similitudes y diferencias que inciden en la generación de estos residuos en la región. Como objetivos específicos se plantearon: a) comparar la composición de los RSD en las localidades de estudio (urbanas y rurales), y b) determinar qué factores inciden en la diferenciación de la composición de los RSD en el área. La relevancia de esta investigación tiene que ver con la implementación de programas más eficientes de gestión de los RSU en el ámbito regional.

CUADRO II. GENERACIÓN PER CAPITA DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE (kg/hab-día)

PAÍS	PPC per cápita (USD\$)*	GENERACIÓN (kg/hab-d)	FUENTE
Haití	1170	0.37	OPS 2005
Guyana	3440	5.33	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Nicaragua	3810	0.73	OPS, 2005
Honduras	4050	1.45	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Guatemala	4930	2.00	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Bolivia	5100	0.46	OP 2005
Paraguay	5500	1.113	Casati y Lima., 2010
Belice	6670	2.82	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
El Salvador	6830	1.13	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Surinam	8350	1.36	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Ecuador	8670	1.13	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Jamaica	8710	1.5	Binger 2011
Dominica	9800	0.91	OPS 2005
República Dominicana	9800	1.00	Francisco & Rodriguez 2010
Cuba	10000	0.61	OPS 2005
Colombia	10030	0.95	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Perú	10230	1.00	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Santa Lucía	11600	1.44	UNECLAC 2010
Brasil	11640	0.67	OPS 2005
Costa Rica	12160	1.36	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Venezuela	12750	1.14	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Islas Vírgenes	14500	2.59	Walker 2002
Uruguay	15080	0.11	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Panamá	15590	0.55	OPS 2005
Puerto Rico	15970	2.52	ADS 2013
Argentina	16000	2.00	Fiuba- Ceamse 2011
México	16590	1.24	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Chile	17270	1.1	Pucv –Conama 2006
Antigua y Barbuda	18490	5.50	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Barbados	19320	1.69	OPS 2005
Aruba	24790	NR	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Martinica	24870	2.52	Diaz 2011
Trinidad y Tobago	25070	2.2	UNECLAC 2010
Bahamas	31980	3.25	Hoonweg and Bhada-Tata 2012
Islas Caimán	43800	NR	Hoonweg and Bhada-Tata 2012

*Fuente de PPC: The Economist 2014.

**La cantidad de intervalos se determinó con la regla de Sturges (Schuenemeyer y Drew, 2011)

Descripción de los sitios de estudio

En Paraguay, la ciudad de Asunción tiene una superficie de 117 km², con una población en el año 2012 de 515 587 habitantes, una densidad de 4406.7 hab/km² y una tasa de decremento de 0.25 (STP – DGEEC 2012).

En Colombia, Cartagena de Indias tiene una población de 895 400 habitantes, de la cual el 95 % se asienta en la zona urbana. La población de la ciudad se clasifica de acuerdo con el ingreso, donde el 42 % corresponde a estrato Bajo, 45 % a estrato Medio y 13 % a estrato Alto. En cuanto a la actividad económica, el comercio contribuye con un 48 %, servicios 41 % e industria 11 %. Las principales actividades económicas de la ciudad son la petroquímica, portuaria, comercial y turismo.

En México, en la región norte, el municipio de Ensenada es el de mayor extensión en el país, representando 74.84 % del Estado de Baja California y el 2.6 % del territorio del país. En el 2010, la ciudad de Ensenada tenía 311 554 habitantes, una población económicamente activa del 37.87 %, 57 409 viviendas y 77 colonias. Las principales actividades económicas en la ciudad en ese año fueron el sector secundario y terciario con un 30.91 % y 62.71 % respectivamente. Las comunidades rurales de San Quintín y Vicente Guerrero se ubican a 195 km y 170 km hacia el sur de la ciudad de Ensenada. En el 2005 la comunidad de San Quintín contaba con 19 800 habitantes, agrupados en 3 871 viviendas. Las principales actividades económicas eran en el sector primario y terciario con un 51.5 y 35.5 % respectivamente. En el caso de Vicente Guerrero había 10,632 habitantes, agrupados en 2,362 viviendas y las principales actividades económicas eran en el sector primario y terciario con un 35.07 % y 45.91 % respectivamente (ITER 2000). La principal actividad en estas comunidades es la producción agrícola, lo que provoca una población migratoria que fluctúa dependiendo de la época del año y la cantidad de trabajo en los campos agrícolas.

En la región centro de México se encuentra el Estado de México, que ocupa el primer lugar a nivel nacional por su número de habitantes (15 175 862 en 2010). Entre sus 125 municipios se encuentra Zinacantepec, que es el tercero en el ámbito económico con el 56.12 % de la población en el sector terciario y cuenta con una extensión territorial de 309.18 km². En 2010 tenía 167 759 habitantes en un total de 37 665 viviendas (2013, INEGI 2014).

En el occidente de México, la ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán, en el año de 2004 contaba con 549 996 habitantes y 133 634 viviendas

(INEGI 2008), mientras que en el 2010 fueron 729 279 habitantes y 162 928 viviendas, con un crecimiento poblacional anual del 2.2 % (INEGI 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de generación de los residuos sólidos.

Muestreo de los residuos sólidos.

Los muestreos de los tres países en estudio se realizaron en diferentes años y proceden de RSD, cuyas muestras se tomaron en camión y en las viviendas. A continuación se describe el procedimiento utilizado en cada país.

Paraguay

El estudio se realizó en la ciudad de Asunción con dos muestreos en viviendas; el primero en el año de 1994 (JICA–MSPyBS 1994) y el segundo en 2009 por Casati (2010). Se utilizó información sobre el valor económico del suelo en m² (Dirección General de Área Urbana de la Municipalidad de Asunción) para definir las áreas de muestreo en tres estratos socioeconómicos: Alto, Medio y Bajo. De cada estrato aleatoriamente se eligieron tres barrios, de los cuales se seleccionaron en cada uno 10 viviendas, dando un total de 30 viviendas por estrato; 90 en total para el muestreo.

Colombia

El estudio se realizó en Cartagena de Indias en el año 2007 (AC y UC, 2007). Se seleccionaron cinco barrios dentro de la ciudad, correspondientes a los distintos estratos socioeconómicos existentes (1: Bajo-bajo, 2: Bajo, 3: Medio-bajo, 4: Medio, 5: Medio-alto y 6: Alto) y fueron organizados en tres grupos, teniendo en cuenta que los barrios tuvieran la misma frecuencia de recolección. El tamaño de cada muestra fue de 1000 kg.

México

Los estudios de generación se efectuaron conforme a las normas mexicanas (SECOFI 1985a,b,c,d) y se realizaron en tres regiones diferentes (Norte, Centro y Occidente), el primero en la ciudad de Ensenada, Baja California, se llevó a cabo durante cinco días seguidos, en dos ocasiones durante las estaciones de invierno y verano (febrero y junio del 2009). Las muestras se tomaron de camiones recolectores municipales, que se identificaron conforme a la estratificación socioeconómica en Bajo, Medio y Alto, se tomaron muestras de aproximadamente 90 kg/d-estrato. (Aguilar-Virgen et al. 2013). En

la misma región norte, en las comunidades de San Quintín y Vicente Guerrero, Baja California, se efectuó otro estudio en los periodos de enero y junio de 2009, durante cinco días en Vicente Guerrero y seis días en San Quintín. Los residuos analizados se tomaron directamente del camión recolector del estrato socioeconómico medio-bajo, prevaleciente en dichas comunidades, la cantidad de muestra analizada fue de 50 kg/d (Taboada-González et al. 2011).

La segunda región correspondió al centro del país, en Zinacantepec, Estado de México. El análisis incluyó dos estratos socioeconómicos Medio-bajo y Medio-alto, utilizando como referencia la zonificación de la Carta Urbana del Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Zinacantepec. Se seleccionaron aleatoriamente 60 casas habitación (30 por estrato), considerando un factor menor al 0.1 % de incertidumbre (confiabilidad estadística > 90%). Los muestreos se realizaron durante siete días, al término de la semana se calculó un promedio de generación por estrato y global (MASERA 2007).

La tercera región en occidente, incluyó la ciudad de Morelia, se realizaron dos estudios. El primero en 2004, en el cual el muestreo fue aleatorio estratificado. De acuerdo con la estratificación socioeconómica de INEGI (2000) se seleccionaron tres colonias con ingresos económicos Bajo, Medio y Alto. El muestreo en las viviendas seleccionadas se efectuó durante siete días, los resultados se agruparon por estrato socioeconómico y se conformó una base de datos para calcular la generación promedio por vivienda. El segundo estudio se efectuó en 2013 en un fraccionamiento de estrato socioeconómico Bajo. Las muestras se obtuvieron durante seis días consecutivos del camión recolector que daba servicio al fraccionamiento, para ello se aseguró que el camión recolector comenzara vacío y se solicitó que para el estudio no se separaran los materiales reciclables. Se obtuvieron en promedio 100 kg diarios de muestra.

Caracterización de los residuos sólidos

Los resultados de las caracterizaciones de los subproductos de cada estudio de generación se agruparon en doce rubros: residuos alimenticios, residuos de jardinería, textiles, cuero y goma, cerámica y piedra, plásticos, papeles y cartones (incluyendo papel sanitario), metales, vidrios, pañales y otros. Esta última categoría incluye subproductos diferentes a los mencionados o bien encontrados en cada lugar en cantidades mínimas. Se consideró como FO a los residuos alimenticios, residuos de jardinería, cuero y goma, papeles y cartones, y 20 % de pañales.

Análisis de los datos

La generación de RSD por vivienda en cada estrato se calculó con la ecuación 1:

$$GV = (S^1 + S^2 + S^3 + \dots + S_n) / N \quad (1)$$

Donde:

GV = Generación diaria por vivienda en cada estrato (kg/d-vivienda).

S_n = Generación por día de cada vivienda (kg/d)

N = Número de viviendas del estrato (vivienda).

La generación per cápita por estrato se determinó utilizando la ecuación 2:

$$GP = GV / NH \quad (2)$$

Donde:

GP = Generación per cápita diaria (kg/hab-d).

GV = Generación diaria por vivienda en cada estrato (kg/d-vivienda).

NH = Número de habitantes por la vivienda (hab/vivienda).

RESULTADOS

Generación de residuos sólidos domésticos

Asunción, Paraguay.

En cuanto a la gestión de los RSU, en el año 2002 se registró un 87.8 % de las viviendas con servicio de recolección (pública o privada), un 6 % los quemó, el 2.6 % los depositó en sus patios y el 3.6 % utilizó otras formas de disposición. La generación de RSU en Asunción incrementó un 12 % en el periodo de 1994 y 2009, de los cuales los RSD aumentaron un 19 % para el mismo periodo. Debido a que la población de Asunción decrece con el tiempo, este aumento en la generación de residuos se correlaciona principalmente con el aumento del Índice de Desarrollo Humano (IDH) (Casati 2010).

Los resultados obtenidos para la Ciudad de Asunción en los estudios del 1994 y del 2009 se presentan en el **cuadro III**. Para el año 1994 se obtuvo una GP de 0.937 kg/hab-d y para el 2009 de 1.113 kg/hab-d; con estos valores se observa una evolución temporal creciente del índice de generación de RSD con un incremento del 1.15 % anual (Casati 2010, JICA-MSPyBS 1994). Se observó un incremento mayor al 50 % de la FO entre los dos periodos de muestreos; el incremento de los residuos de jardinería fue del 16.1%, los residuos de plásticos del 4.9 % y la papeles y cartones 1.4 %; no obstante, los residuos

catalogados como “otros” disminuyeron en más del 50% entre los dos periodos de muestreo.

Cartagena, Colombia

En Cartagena de Indias, no se realiza separación en la fuente, todos los residuos tanto orgánicos como inorgánicos se reciben mezclados en bolsas y son recolectados por dos empresas que transportan en camiones compactadores un promedio de 26000 toneladas mensuales hacia el relleno sanitario “Parque Ambiental Loma de los Cocos”, en el cual el 100% de los residuos ordinarios son depositados sin ningún tipo de tratamiento o aprovechamiento (SSPC 2014).

Se muestrearon un total de 960 viviendas y se obtuvo un 77.6% en promedio de residuos de alimentos (**Cuadro III**), el subproducto valorizable predominante fue el plástico, el cual va de 6.53% en los estratos 1 y 2 al 11.47% en los estratos 5 y 6. Se determinó también que el porcentaje de materiales recuperables es mayor conforme mejoran las condiciones socioeconómicas del estrato económico analizado, presentándose el mayor valor en los estratos 5 y 6 (AC y UC 2007).

México

Baja California Norte

En el estudio de Ensenada, se muestrearon en las dos temporadas un total de 2511.35 kg de RSD. De estos resultados como se muestra en el **cuadro III**, destacan los residuos alimenticios (36.25%), seguidos por papel y cartón (21.85%), y plásticos (12.30%). En cuanto a la generación per cápita, se determinó en 0.852 ± 0.021 kg/día-hab con una confiabilidad del 98%.

Para las comunidades rurales de la zona norte de México, San Quintín y Vicente Guerrero, se obtuvo un peso total de 1152.72 y 770.43 kg respectivamente. La mayor generación de residuos fueron los residuos alimenticios, papel y cartón y plásticos (**Cuadro III**). La generación per cápita y la generación semanal promedio en cada una de las comunidades fueron de 0.681 kg/hab-d y de 94.39 ton/sem para San Quintín y de 1.102 kg/hab-d y de 82.02 ton/sem para Vicente Guerrero.

Zinacantepec, México

El municipio de Zinacantepec generó en promedio 143.93 ton/d de RSU. Para el estrato Medio-bajo se obtuvo en una muestra de 1186 kg de RSD, con una generación per cápita de 0.929 kg/hab-d y un peso volumétrico de 204.29 kg/m³; en el estrato Medio-alto fueron 829 kg muestreados, con una generación de 0.977 kg/hab-d y 197.143 kg/m³. En el **cuadro III** se

listan los porcentajes promedio de los subproductos de ambos estratos, donde los mayores valores fueron de los residuos de comida y jardín (56.72%), seguido de papel y cartón (14.65%) y pañal desechable (5.53%) (MASERA 2007).

Morelia, México

En la zona occidente en el estudio de 2004, se muestrearon un total de 284 viviendas en la ciudad de Morelia; 98, 106 y 80 en los estratos Bajo, Medio y Alto, respectivamente. La generación total se estimó en 442 ton/d de RSD, con una generación per cápita de 0.803 kg/hab-d y una contribución de las viviendas del 87% del total de los RSU y un 62.8% de la FO. En el estudio de 2013, que se llevó a cabo en un conjunto habitacional de reciente apertura, la mayoría de las casas estaban habitadas por parejas jóvenes con uno o dos niños, o incluso adultos solos. Al igual que en el resto de estudios, la FO fue de predominancia con un 63% (**Cuadro III**). Se identificó una generación por vivienda de solo 1.5 kg/día, lo cual está por debajo del promedio en la ciudad de Morelia.

DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de generación de los RSD en los países que se muestran como estudio de caso en este trabajo, presentan similitudes en la composición con los residuos alimenticios y de jardinería como subproductos principales y la escasa separación como una variable afin; de lograrse avances en esto último, los RSU en ALC reducirían su peso de manera importante y consecuentemente, el costo de su manejo, el cual fue en 2010 de US\$ 34.22 por tonelada recolectada y US\$ 20.43 por tonelada dispuesta en promedio (OPS-AIDIIS-BID 2010).

En el **cuadro III** se destaca la cantidad de residuos alimenticios reportados (26.5-77.6%); observándose para los casos donde se tienen datos del mismo lugar en diferentes años que este subproducto ha reducido su porcentaje (Asunción y Morelia), lo cual para el caso de áreas urbanas se puede atribuir al incremento del consumo de alimentos procesados (Buenrostro et al. 2008). Para el caso de materiales susceptibles de aprovechamiento, los valores reportados para la última década en los países de la zona de estudio fueron de 16.63 a 39.30%, presentando promedios de 10.20% para plásticos, 11.50% para papeles y cartones, 1.30% para metales y 3.29% para vidrios. Lo anterior muestra en el caso de la FO (63.64%), que su disposición aun en RESA será un problema creciente con respecto a la producción de gases de

CUADRO III. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS (% base húmeda)

RUBRO	Paraguay		Colombia		Perú		México					
	Asunción (1994) ¹	Asunción (2009) ²	Cartagena (2007) ³	Mataucana (2007) ⁴	Trujillo (2012) ⁵	Quito (2012) ⁶	Ensenada (2009) ⁷	San Quintín (2009) ⁸	Vicente Guerrero (2009) ⁸	Zinacantan (2007) ⁹	Morelia 2004	Morelia 2013
Residuos alimenticios	36.6	27.9	77.6	77.3	52.2	51.4	36.3	30.2	26.5	56.7	41.9	37.4
Residuos de jardinería	22.2	38.3				2.6	3.6	4.1	8.5		5.9	2.9
Textiles	1.3	1.2	1.6	1.2	2.1	1.4	6.3	9	5.8	1.7	1.4	3.5
Cuero y goma	0.8	0.1	0.9	0	0.53	-	0.2	0	0	0.9	0	0.3
Cerámica y piedra	2.5	2	-	0	0	0.6	0.3	0.3	0.5	0.1	0	0.2
Plásticos	3.9	8.8	7.7	8.3	7.3	11.6	12.3	15.3	14.6	9.4	7.5	8.9
Papeles y cartones	6.4	7.8	5.7	5.2	5.5	7.7	21.9	18.2	16.6	14.7	15.1	5.9
Metales	1.3	1.1	1	2.4	1.8	1.1	0.7	0.9	0.7	2	0.9	1.8
Vidrios	3.1	4.2	4.2	3	2.1	2.6	4.4	3.2	4.3	2.6	2.4	3.3
Pañales	-	-	-	-	-	-	6.3	8.9	14.1	5.5	8.1	13
Otros ^a	22	9.1	1.3	2.7	34	21.1	7.7	9.9	8.4	6.5	16.9	22.9
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹JICA – MSPyBS (1994), ²Casati (2010), ³AC y UC (2007), ⁴Pacheco et al. (2009), ⁵Huerta y Vázquez (2012), ⁶Castillo-Pazmiño (2012), ⁷Aguilar-Virgen et al. (2013), ⁸Taoboda-González et al. (2011), ⁹(MASERA 2007)

efecto invernadero (metano y dióxido de carbono), que podría evitarse si se logra su separación y compostaje; y para los materiales susceptibles de aprovechamiento, también muestra la oportunidad económica que contienen si se implementan sistemas de manejo sostenibles (Bovea et al. 2010, Gallardo et al. 2013, Pires et al. 2011).

Entre los subproductos si bien existen diferencias en el rubro de “otros”, también hay coincidencias en rubros como madera, pilas, baterías, material eléctrico y residuo fino. Lo anterior, demuestra la importancia que tiene el establecer entre países, criterios claros para la clasificación de los subproductos de los RSD, lo cual permitirá homogenizar y facilita el análisis de los datos.

En Paraguay, el PIB fue de US\$ 1678 y de US\$ 2510 para los años de 1994 y 2009, respectivamente (BCP, 2013). En el caso de Asunción no se percibe una relación entre el PIB y la GP de RSD, lo cual puede deberse a que el PIB en Paraguay se duplicó en la última década, no obstante, la generación de RSD no se incrementó a la misma tasa de crecimiento del PIB.

En Colombia, los resultados del estudio de generación en Cartagena coinciden con las características reportadas para las ciudades en este estudio, lo cual es similar con las características de otras ciudades de ALC (OPS-AIDIIS-BID 2010), donde más del 70 % de la población tienen niveles socioeconómicos de Medio a Bajo y los residuos generados se componen en su mayoría de residuos alimenticios, que a la vez se caracterizan por ser poco procesados.

En México, el estudio de Ensenada dio una estratificación socioeconómica de 25.82 %, 51.87 % y de 22.31 % para los estratos Bajo, Medio y Alto respectivamente. Los residuos orgánicos fueron del 74 %, de los cuales, alrededor del 41 % son materiales susceptibles de aprovechamiento y un 46.6 % tienen potencial para generación de energía (Aguilar-Virgen et al. 2014). La generación semanal promedio de los RSU fue de 1697.79 ± 41.47 ton/sem, con un incremento anual estimado de 5 %. Se demostró que en general no existe diferencia significativa en las dos temporadas prevalecientes en la ciudad, así como entre los estratos socioeconómicos (Aguilar-Virgen et al. 2013).

El análisis de la composición de residuos llevado a cabo en San Quintín y Vicente Guerrero indicó que en dichas comunidades se presentaron diferencias significativas entre estaciones climáticas. Para San Quintín los componentes con variación fueron los residuos alimenticios, de jardín y papel; y para Vicente Guerrero fue solamente para los residuos de jardín (Taboada-González et al. 2011).

Si bien la generación per cápita de RSD en Zinacantepec fue menor en el estrato Medio bajo que en el estrato Medio-alto, no se encontraron diferencias significativas, obteniéndose en promedio una generación y un peso volumétrico de 0.95 kg/hab-d y 200.71 kg/m³ respectivamente. La FO de este municipio fue del 73.4 %, valor similar al de Asunción, Paraguay en 2009 (Casati y Lima, 2010) y superior al promedio estimado de las ciudades analizadas en este trabajo (64.59 %). En cuanto a los residuos alimenticios y de jardinería, su porcentaje fue mayor a las determinadas en las zonas norte y occidente de México (**Cuadro III**).

En Morelia el análisis de la composición de los RSD en los dos periodos de estudio muestra una tendencia clara a la heterogeneización, ya que se separaron 31 componentes diferentes y una tendencia creciente de los empaques y envases de plástico y vidrio y la disminución de la FO a diferencia de los rubros de plástico, metales, vidrio y pañales que se incrementaron en el estudio del año 2013.

El aumento de la contribución de las viviendas en la generación de RSD, supone un serio reto para los sistemas de aseo público, ya que aumentan las necesidades de recolección y de espacio para la disposición final adecuada de éstos. En la región de ALC, la totalidad de los residuos sólidos se disponen en el suelo, por lo que el encontrar sitios adecuados para la disposición final es un problema cotidiano al que se enfrentan los tomadores de decisiones de los sistemas de aseo público. No obstante que resulta importante el implementar otras estrategias de tratamiento de los residuos como puede ser el reciclaje y el composteo, es necesario tener datos actualizados sobre la composición de los residuos, ya que ello permite implementar estrategias para mejorar la infraestructura para la recolección y la disposición final. Asimismo, resulta inaplazable implementar estrategias de separación en las fuentes para incrementar las tasas de reciclaje, ya que de acuerdo con los resultados del estudio, la proporción de materiales susceptibles de valorización muestra una clara tendencia de crecimiento.

Los resultados de los estudios de caso y de la recopilación bibliográfica de la generación de RSU en los países de la ALC sugieren que los PIB pueden no tener relación con la producción de RSU. Una explicación derivada de este trabajo es que los datos promedios nacionales de generación per cápita tienen una variabilidad muy amplia y no reportada oficialmente. Por ejemplo, el caso de Honduras, donde se reporta una generación per cápita de 1.45 kg/hab-día, existen otros reportes de solo 0.41 kg para ciudades de hasta 20 000 habitantes (CEPIS, 2009). En este

mismo país, a diferencia de los reportes oficiales, una encuesta realizada en el municipio de San Antonio de Oriente que tiene una población de 16 857 personas, reveló que el 80% de las personas queman sus residuos. Además, las proyecciones hechas con base en datos generados estiman que la generación per cápita para el año 2030 será de 0.31 kg/hab-d (Durán y Vilches 2009). De lo anterior, no resulta posible afirmar que no exista relación entre los datos, para ello se deben realizar estudios periódicos de la cantidad y composición de los residuos. De ahí la importancia de obtener los datos con base en estudios llevados a cabo en el sitio.

CONCLUSIONES

La producción de residuos sólidos domésticos tiende a una mayor diversidad de componentes y materiales, así como a un aumento en la producción per cápita diaria de los residuos sólidos domésticos y urbanos.

Los estudios de generación en los países de estudio, indican que existe una tendencia hacia la disminución de contenidos de la FO, pero esta fracción continua siendo predominante, también existen diferencias estacionales, económicas y regionales. Así mismo aumentó la producción de plásticos y se observó un decremento en la presencia de vidrio.

Los estudios de caso en este trabajo confirman la estratificación socioeconómica de las viviendas en las ciudades de ALC, pero no del ingreso económico de la vivienda con la generación y composición de los residuos sólidos. Similarmente los datos de ingreso económico y de generación de RSU reportadas en la literatura no mostraron relación entre estas variables en los países analizados.

El establecer criterios claros para la clasificación de subproductos entre los países de ALC, permitirá homogenizar la información recabada y realizar análisis entre los mismos con menos incertidumbre.

Las perspectivas futuras incluyen la propuesta de una homogenización de metodologías para los casos urbanos y rurales en ALC, la instalación formal de bases de datos que detallen con precisión los contenidos de las corrientes de residuos urbanos y la creación de una organización internacional que verdaderamente alentara la generación y disponibilidad de estos datos. Los resultados actuales demuestran que los sitios de disposición final en ALC pueden ahorrar en espacio y costos si se gestionan los materiales orgánicos dispuestos.

Es importante que los países de ALC continúen en sus planes de integración, del trabajo conjunto para homogeneizar las leyes, reglamentos y normas ambientales y de construcción de instalaciones apropiadas para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos urbanos, así como de las estrategias para la implementación de programas para el fomento de la separación y reciclaje de materiales susceptibles de aprovechamiento y el tratamiento de la FO de los RSU.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la posibilidad de realizar este trabajo conjunto entre diferentes países iberoamericanos a CYTED (Proyecto 715RT0494).

REFERENCIAS

- Aguilar-Virgen Q., Taboada-González P. y Ojeda-Benítez S. (2013). Seasonal analysis of the generation and composition of solid waste: potential use – a case study. *Environ Monit Assess.* 185, 4633-4645. DOI: 10.1007/s10661-012-2893-5
- Aguilar-Virgen Q., Taboada-González P., Ojeda-Benítez S. y Cruz-Sotelo S. (2014). Power generation with biogas from municipal solid waste: Prediction of gas generation with in situ parameters. *Renew Sustain Energy Rev.* 30, 412-419. DOI: 10.1016/j.rser.2013.10.014
- AC y UC (Alcaldía de Cartagena y Universidad de Cartagena) (2007). Plan de gestión integral de residuos sólidos del distrito de Cartagena de Indias. Cartagena, Colombia. 104 pp.
- ADS (Autoridad de desperdicios sólidos) (2013). Residuos sólidos en los sistemas de rellenos sanitarios [en línea]. <http://www.ads.pr.gov/mapas/mapa-instalaciones.php>
- Akinci G., Guven E. D. y Gok G. (2012). Evaluation of waste management options and resource conservation potentials according to the waste characteristics and household income: A case study in Aegean Region, Turkey. *Resour Conserv Recy.* 58, 114-124. DOI: 10.1016/j.resconrec.2011.11.005
- BCP (2013). Banco Central del Paraguay, Estadísticas económicas. [en línea]. <http://www.bcp.gov.py/06/06/2014>.
- Binger A. (2011). Economic opportunities in waste management in small island developing states (SIDS). UNCSO. New York, 56 pp.
- Bovea M.D., V. Ibáñez-Forés, A. Gallardo, F.J. y Colomer-Mendoza. (2010). Environmental assessment of alternative municipal solid waste

- management strategies. A Spanish case study. *Waste Manage.* 30, 2383-2395. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.03.001>
- Buenrostro O., Márquez L. y Pinette F. (2008). Consumption patterns and household hazardous solid waste generation in an urban settlement in Mexico. *Waste Manage.* 28, S2-S6. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.03.019
- Calvo F., Moreno B., Ramos, Á. y Zamorano, M. (2007). Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process. *Renew Sust Energ Rev.* 11, 98-115. DOI: 10.1016/j.rser.2004.12.003
- Casati R. (2010). Evolución y tendencia de la cantidad, generación y composición de los residuos sólidos en Asunción. Tesis de Maestría. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Asunción, Paraguay.
- Castillo-Pazmiño M. (2012). Consultoría para la realización de un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos domésticos y asimilables a domésticos para el distrito metropolitano de Quito, Informe Ejecutivo. Secretaría de Ambiente y Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EMASEO). Ecuador. 148 pp.
- CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) (2010). Primer reporte sobre manejo de residuos sólidos en Chile. Chile. 64 pp.
- Díaz Barriga Rodríguez M.E. (2011). Cost-benefit analysis of a waste to energy plant for Montevideo; and waste to energy in small islands. Ms. Sc. Thesis. Department of Earth and Environmental Engineering. Columbia University, USA.
- Durán Chévez D.R y Vilches Ochoa R.J. (2009). Caracterización de los residuos sólidos en el municipio de San Antonio de Oriente, Honduras. Tesis de licenciatura. Universidad de Zamorano, Honduras.
- Gallardo A., Gómez A., Bovea M., Colomer F. J. y Carlos M. (2013). Influencia del nivel de ingresos económicos en la recogida selectiva de residuos urbanos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (Sup. 3), 19-24.
- Getahun T., Mengistie E., Haddis A., Wasie F., Alemayehu E., Dadi D., Van Gerven T. y Van der Bruggen B. (2012). Municipal solid waste generation in growing urban areas in Africa: current practices and relation to socioeconomic factors in Jimma, Ethiopia. *Environ Monit Assess.* 184 (10), 6337-6345. DOI: 10.1007/s10661-011-2423-x
- Gómez G., Meneses M., Ballinas L. y Castells F. (2009). Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico. *Waste Manage.* 28 (12), 2465-2471. DOI: 10.1016/J. wasman.2007.10.023
- Hornweg D. y Bhada-Tata P. (2012). What a waste. A global review of solid waste management. Urban development series knowledge papers. The World Bank. Urban Development Series, March 2012, No. 15. [En Línea]. http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf 29/04/2014
- Hornweg D. y Giannelli N. (2009). Managing municipal solid waste in Latin America and the Caribbean. Integrating the private sector, harnessing incentives. *Gridlines*, 28, 1-4. Washington, DC: World Bank. [En Línea]. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/10639/417030LAC0Municipalridlines02801PUBLIC1.pdf;sequence=1> 9/08/2014.
- Huerta, G. y Vásquez, J. (2012). Estudio de caracterización de los residuos sólidos urbanos, distrito de Trujillo. Reporte. Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo, Municipalidad Provincial de Trujillo, Perú. 72 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2000). XII censo general de población y vivienda. Resultados Preliminares, México. 375 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2008). Anuario de Estadísticas por entidad Federativa. [en Línea]. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/AEGPEF_2015/702825077297.pdf 16/08/2014.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2010). Censo de población y vivienda. [en Línea]. http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c027329&s0es.10/04/2014.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2013). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013. México, 666 pp. ISSN 1405-910X.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2014). Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2013. México, 823 pp. ISBN 978-607-494-940-7.
- JICA-MSPyBS (Agencia de Cooperación Japonesa-Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social). (1994). Estudio sobre el manejo de residuos sólidos en el área metropolitana de Asunción. Asunción, Paraguay. 346 pp.
- MASERA (2007). Proyecto ejecutivo para el saneamiento y construcción de dos celdas de disposición final de residuos sólidos urbanos, en el municipio de Zinacantan, Edo. Mex. Mantenimientos y Servicios Ambientales S.A. de C.V. Promotores MASERA y Ejido San Luis Mextepec. México. 66-79.
- Monavari S.M., Omrani G.A., Karbassi A. y Raof F.F. (2012). The effects of socioeconomic parameters on household solid-waste generation and composition in developing countries (a case study: Ahvaz, Iran). *Environ Monit Assess.* 184 (4), 1841-1846. DOI: 10.1007/s10661-011-2082-y

- OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2005). Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América latina y el Caribe. Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 146 pp.
- OPS-AIDIIS-BID (Organización Panamericana de la Salud-Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-Banco Interamericano de Desarrollo). (2010). Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010. 23 pp.
- Ogwueleka T. C. (2013). Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria. *Resour Conserv Recy.* 77, 52–60. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.05.011
- ONU (Organización de Naciones Unidas). (2012). Estado de las ciudades de América latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. Brasil, 196 pp. ISBN: 978-92-1-132469-3.
- Pacheco, H., Beverly, K. y Chamorro Matos, A. (2009) Caracterización de residuos domiciliarios del distrito de Matucana. *Revista de Investigación Universitaria.* 1, 59-66.
- Pires A., Graça M. y Ni-Bin Ch. (2011). Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *J Environ Manage.* 92, 1033-1050. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.024>
- SADN (Secretaría de Ambiente y Desarrollo de la Nación). (2009). Coordinación Integral para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos: Disposición final [en línea]. <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sedema/index.php/temas-ambientales/programas-generales/residuos-solidos/12/02/2014>
- SECOFI (1985a). NMX-AA-61-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de la Generación. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de La Federación. 06 de noviembre de 1992.
- SECOFI (1985b). 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. Diario Oficial de la Federación. 18 de marzo de 1985.
- SECOFI (1985c). NMX-AA-015-1985, Protección al Ambiente -Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Muestreo – Método de Cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de La Federación. 18 de marzo de 1985.
- SECOFI (1985d). NMX-AA-022-1985. Protección al Ambiente -Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Selección y Cuantificación de Subproductos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. 18 de marzo de 1985.
- Schuenemeyer J. H y Drew L.J. (2011). *Statistics for earth and environmental scientists.* John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, EUA. 407 pp.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). El Medio Ambiente en México en resumen. [en línea]. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf.
- SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios). (2011). Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia-Diagnostico2011. [en línea]. [http://www.superservicios.gov.co/content/download/901/13765/version/1/file/\(2011\)+SITUACION%20DE%20LA%20DISPOSICION%20FINAL%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20EN%20COLOMBIA+-+DIAGNOSTICO+2011.pdf](http://www.superservicios.gov.co/content/download/901/13765/version/1/file/(2011)+SITUACION%20DE%20LA%20DISPOSICION%20FINAL%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20EN%20COLOMBIA+-+DIAGNOSTICO+2011.pdf). 08/01/2014
- STP– DGEEC (Secretaría Técnica de Planificación– Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos) (2012). Paraguay: Proyección de la población año 2012 según Departamento. Asunción, Paraguay.
- SSPC (Superintendencia de Servicios Públicos de Colombia) (2014). Sistema Unico de Información de Servicios Públicos (SUI). Bogotá.
- Taboada-González P., Aguilar-Virgen Q., Ojeda-Benitez S., y Armijo C. (2011). Waste characterization and waste management perception in rural communities in Mexico: a case study. *Environ Eng Manage J.* 10, 1761-1769.
- The Economist (2014). *Pocket World in Figures.* 2014. Edition. Profile Books Ltd. EUA. 256 pp.
- UN (United Nations). Environment Statistics snapshots (2013) [en línea]. http://unstats.un.org/unsd/environment/envpdf/Country_Snapshots_Aug%202013/Turks%20and%20Caicos%20Islands.pdf 18/10/2014
- UNECLAC (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean). (2010). Municipal solid waste management in the Caribbean. A benefit-cost analysis. *Studies and Perspectives ECLAC.*
- Walker, W.I. (2002). Regional evaluation municipal solid waste management services. Country analytical report British Virgin Islands/ Evaluation 2002. PanAmerican Health Organization. [en línea]. <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/informes/britishvirginislands.pdf> 03/05/2014
- Xue B., Geng Y., Ren W., Zhang Z., Zhang W., Lu C. y Chen X. (2011). An overview of municipal solid waste management in Inner Mongolia Autonomous Region, China. *J Ma Cyc Was Manage.* 13 (4), 283-292. DOI: 10.1007/s10163-011-0024-y