

**GENERACIÓN, COMPOSICIÓN Y RECICLAJE DE RESIDUOS  
SÓLIDOS URBANOS EN LA HABANA, CUBA**

**GENERATION RATES, COMPOSITION AND RECYCLING OF MUNICIPAL  
SOLID WASTE IN HAVANA, CUBA**

*Ma. del Carmen Espinosa Lloréns<sup>1\*</sup>, Matilde López Torres<sup>1</sup>, Susana Díaz Aguirre<sup>2</sup>,  
Cira Lidia Isaac Godínez<sup>3</sup>, Edward McBean<sup>4</sup> y Natividad Ramírez Ramírez<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Unidad de Gestión de los Servicios Científico Técnico-DECA. Dirección de I+D+i, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Ave. 25 y Calle 158, Playa, La Habana, Cuba.

<sup>2</sup> Facultad de Agroforestal, Departamento de Química, Universidad de P. del Río, Calle Martí, esq. a 27 de noviembre, Pinar del Río, Cuba.

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento de Calidad, Universidad Agraria de La Habana, Carretera Tapaste y Autopista Nacional Km 23 ½ San José de Las Lajas., Mayabeque.

<sup>4</sup> School of Engineering, University of Guelph. THRN Building, Room 2416.  
Guelph ON N1G 2W1, Canadá.

<sup>5</sup> Departamento de Geomática e Hidráulica. División de Ingenierías. Campus Guanajuato. Universidad de Guanajuato. Juárez 79, Guanajuato, México.

Recibido: Septiembre 17, 2019; Revisado: Octubre 17, 2019; Aceptado: Noviembre 23, 2019

**RESUMEN**

La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es un desafío importante en todo el mundo, siendo insuficientes los estudios de su composición. El objetivo del presente trabajo fue establecer la tasa de generación, la composición física y la valorización por reciclaje de los RSU en áreas residenciales de La Habana. Se obtuvo que la tasa de generación promedio fue de 0,7 kg/persona-d, similar a otras ciudades del área geográfica. Para estudiar la composición física, los RSU se clasificaron en 11 ítems y los residuos orgánicos representaron el porcentaje mayor. Cinco componentes de los RSU en La Habana son prometedores para las actividades de reciclaje, alcanzando los porcentajes mayores el papel y el cartón. Los resultados presentados constituyen un aporte al estudio sobre el Plan de Manejo Integrado de los RSU en La Habana.

**Palabras clave:** gestión; reciclaje; residuos sólidos urbanos.



Copyright © 2019. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

\* Autor para la correspondencia: Ma. del Carmen Espinosa, Email: [maria.espinosa@cnic.cu](mailto:maria.espinosa@cnic.cu)



## **ABSTRACT**

The municipal solid waste management (MSW) is an important worldwide challenge, with insufficient studies of its composition. This work objective was to establish the generation rate, physical composition and recycling recovery of MSW in Havana residential areas. It was obtained that the average generation rate was 0.7 kg / person-d, similar to other cities in geographical area. To study the physical composition, the MSW were classified into 11 items and the organic waste represented the highest percentage. Five components of MSW in Havana are promising for recycling activities, reaching the highest percentages of paper and cardboard. The presented results are a contribution to the study on the Integrated Management Plan of the MSW in Havana.

**Keywords:** management; recycling; municipal solid waste.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es un gran reto en las áreas urbanas de todo el mundo, cuyos efectos mayores se observan en el rápido crecimiento de las ciudades y pueblos de los países en desarrollo, provocando problemas ambientales y en la salud humana (Samwine et al., 2017), (Rondón et al., 2016). De acuerdo con Christensen (2011), un sistema de gestión de RSU es complejo y puede dividirse en cuatro fases: 1) generación de residuos; 2) colección y transporte; 3) tratamiento y 4) reciclaje, utilización y disposición final. Uno de los problemas más significativos identificados en la Estrategia Ambiental Nacional (CITMA, 2016) es la gestión ineficiente de los RSU, fundamentalmente por la falta de segregación en el origen, dificultades en la recogida, vertederos sin sistemas de recolección de gases y lixiviados. Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado, el objetivo de este trabajo es caracterizar la composición física y la tasa de generación de los RSU de La Habana, además de demostrar el potencial del reciclaje, como una alternativa para estos residuos.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***2.1 Área de estudio***

El área de estudio fue La Habana, capital de la República de Cuba, con una población de 2 121 871 habitantes (ONEI, 2015). Esta ciudad representa alrededor de un 20% de la población del país y 26% de su población urbana total. La densidad de población promedio es de 2 914 habitantes/km<sup>2</sup>. La ciudad tiene un área de 728 km<sup>2</sup> con 15 municipios que representan 0,6% del territorio nacional (ONEI, 2015).

### ***2.2 Recolección de datos e información.***

La recolección de los datos e información necesaria se llevó a cabo con un estudio de campo durante 11 semanas (período de lluvia), teniendo en cuenta un cronograma pre-establecido.

*Número de muestras (n):*

Para calcular el número efectivo de muestras necesarias (n, cargas de vehículos), se aplicó la norma (ASTM D 5231, 2008). La ecuación para su estimación es la que sigue:

$$n = (t^* s / e. \bar{x})^2 \quad (1)$$

Donde:

*t\**= estadígrafo *t* de Student, correspondiente al nivel de confianza deseado,

$s$  = desviación estándar estimada,

$e$  = nivel de precisión deseado,

$\bar{x}$  = media estimada

Los constreñimientos aplicados en este trabajo fueron: como componente fundamental de los RSU se consideraron los residuos orgánicos, teniendo en cuenta la información previa (Espinosa et al., 2010); trabajar con un nivel de 95% de confianza y lograr una precisión de un 3%, ya que debe ser, al menos, de un 10% (EC, 2004). De acuerdo con esto, el número efectivo de muestras necesarias tiene que ser, al menos, de 53.

### **2.3 Composición de los residuos.**

Para el estudio de composición se seleccionaron cinco municipios representativos de toda la ciudad: Plaza de la Revolución, Centro Habana, Guanabacoa, Marianao y Boyeros. Los dos primeros representan zonas urbanas y los tres últimos de zonas de la periferia.

Los residuos domiciliarios recogidos se segregaron manualmente en 11 tipos diferentes: 1) Papel y cartón, 2) Aluminio, 3) Metales en general, 4) Plásticos, 5) Vidrio y Cerámica, 6) Textiles, 7) Madera, 8) Residuos de alimentos, 9) Goma, 10) Cuero, 11) Otros. Se aplicó la norma (ASTM, 2008) para la determinación de la composición de RSU sin procesar.

La densidad ( $B_d$ ,  $g/cm^3$ ) se obtuvo midiendo el peso seco de un volumen conocido de la muestra y calculándose de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$B_d = M_s/V_t \quad (2)$$

Donde:

$M_s$  = masa de muestra secada en estufa (g),

$V$  = volumen total de la muestra ( $cm^3$ ).

La humedad fue medida gravimétricamente, secando el material en una estufa a 103-105°C, hasta peso constante.

### **2.4 Estudio de generación y reciclaje.**

Esta parte de los estudios se desarrolló para determinar la situación existente teniendo en cuenta la cantidad de RSU factible de recuperar para el reciclaje en La Habana y para identificar el mercado potencial de reciclaje.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Generación de RSU en La Habana.**

La tasa de generación de RSU en La Habana fue de 1 474 302,0 kg/d. La generación de RSU *per cápita* varía de acuerdo con diferentes factores, que incluyen el tamaño de la población y sus hábitos de consumo.

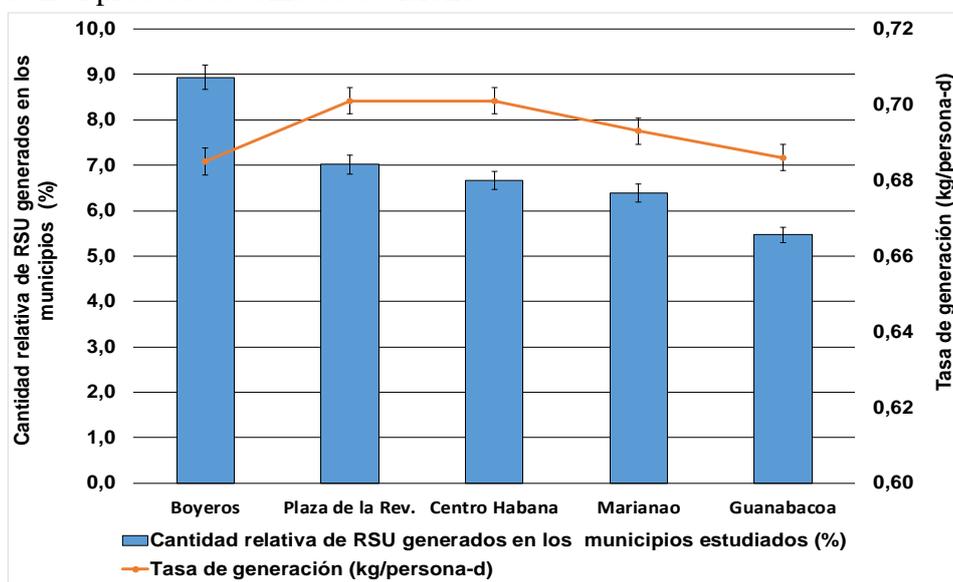
### **3.2 Estudios en los cinco municipios seleccionados.**

El estudio relacionado con la cantidad de residuos generados en domicilios individuales mostró que la tasa de generación promedio en los municipios que corresponden a áreas urbanas (Centro Habana, Plaza) es de 0,701 kg/persona-d, mientras que el valor promedio de los tres municipios de áreas periurbanas (Guanabacoa, Marianao y Boyeros) tuvo un valor de 0,688 kg/persona-d, ligeramente inferior al anterior. En contraposición, los municipios del área urbana (Plaza de la Revolución y Centro

Habana) tuvieron las mayores tasas de generación (Figura 1).

### 3.3. Estudio de composición de los RSU.

El número efectivo de muestras (camiones empleados para la recogida de RSU) tomadas para este estudio fue de 178, cifra que sobrepasó ampliamente la calculada teniendo en cuenta la norma (ASTM D 5231, 2008). Esto permitió lograr una precisión en los resultados del 2%, asegurando la confiabilidad del estudio de composición para tomarlos en el proceso de toma de decisiones.

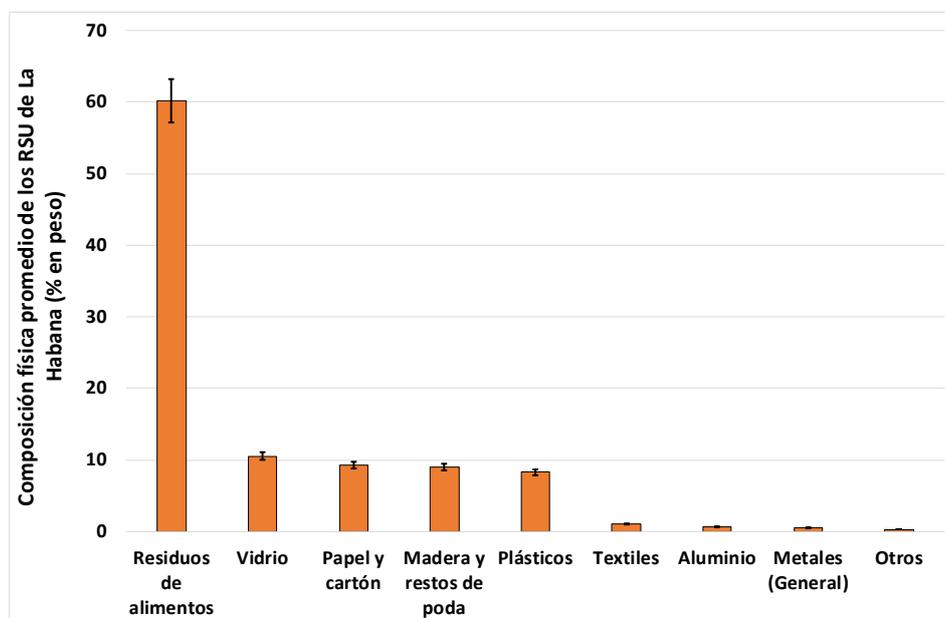


**Figura 1.** Comportamiento de la generación de RSU en los cinco municipios estudiados

Los resultados del estudio de composición de residuos generados en viviendas confirmaron que los residuos de alimentos eran los componentes fundamentales (60%, como promedio de los cinco municipios), lo que coincide con los resultados encontrados por Espinosa et al., (2008) con anterioridad. Es decir, existe un fuerte recurso potencial para la recuperación, en términos de alimento animal, compostaje o energía (como biogás). En estudios de composición realizados en otras ciudades de países en desarrollo los residuos orgánicos muestran una tendencia similar (Samwine et al., 2017).

Las diferencias de densidad de los RSU entre los municipios (150 a 230 kg/m<sup>3</sup>) se originan, en parte, debido a los variados tipos de vehículos empleados para su recogida. En La Habana se usa una amplia variedad de vehículos con este objetivo. Las densidades son mayores cuando se emplean camiones compactadores y las menores cuando se usan carretas tiradas por tractores y carretones de caballos.

El contenido de humedad (entre 39 y 50%) se debe, fundamentalmente, al predominio de los residuos de alimentos. Sin embargo, su promedio (44%) resultó menor que el obtenido por Espinosa et al., (2010) (alrededor del 60%) en estudios similares y también en época de lluvia. La composición promedio de los RSU de La Habana, teniendo en cuenta la de los residuos de los municipios representativos, se muestra en la figura 2. Estas características son típicas de ciudades en países en desarrollo en que la fracción mayoritaria la constituyen los residuos orgánicos, lo que refleja la ausencia de su valorización, una situación que se ha denotado con anterioridad (Espinosa et al., 2008). Los otros componentes que le siguen son: vidrio y papel y cartón, con 10,5 y 9,3%, respectivamente. Resulta también importante el contenido de plásticos (8,3%).



**Figura 2.** Composición física promedio de los RSU en La Habana

La cantidad de residuos reciclables (fundamentalmente vidrio, papel y cartón y plásticos) presentes en el estudio de composición sugiere la necesidad de separación en el origen.

### 3.4 Estudio de generación y reciclaje.

En La Habana, igual que en otras áreas urbanas de Cuba, el reciclaje de los RSU es una actividad que involucra tanto a los sectores formales (Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas- UERMP) como a los informales (personas que recolectan determinados artículos para su venta en las tiendas dedicadas al efecto). El estudio de recuperación se centró en cinco productos (aluminio, plástico, vidrio, papel y cartón y textiles), teniendo en cuenta los resultados del estudio de composición en La Habana (Figura 2).

**Tabla 1.** Generación y recuperación de RSU reciclables en La Habana, durante 2014

<i>Productos</i>	<i>Generación</i>		<i>Reciclaje</i>	
	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>%</i>
Aluminio	15062,0	2958,3		19,6
Vidrio	816,9	285,1		34,9
Plásticos	4288,7	405,8		9,5
Papel y Cartón	32713,3	10290,5		31,5
Textiles	772,3	140,0		18,1

El mayor volumen generado fue de Papel y Cartón, pero el ítem con mayores porcentajes de reciclaje fue el Vidrio, seguido del Papel y Cartón (Tabla 1). Se observaron bajos niveles de reciclaje con respecto a la generación, entre otras causas porque no se usan como una sustitución de importaciones o para la exportación, lo que afecta, además, el medio ambiente por la contaminación que causa su disposición final.

En Cuba se desarrollan iniciativas para incentivar el reciclaje, a través del canje de materiales reciclables por refrescos u otros, en los establecimientos de la UERMP que se dedican a esta gestión. La recogida de los materiales reciclables permite la recuperación potencial para el mercado nacional. Por ejemplo, si se tienen en cuenta el vidrio, así como el papel y el cartón reciclados, pueden servir para las industrias locales,

Empresa Nacional del Fósforo, Empresa de Cerámica Roja, Empresa Nacional de Papel y Empresa de Asbesto y Cemento.

#### **4. CONCLUSIONES**

1. En el 2014, La Habana mostró una tasa de generación de RSU de 0,7 kg/persona-d, muy similar a los valores que se reportan en otras ciudades de países en desarrollo.
2. El estudio de composición demostró que, entre los 11 componentes, los residuos de alimentos fueron los preponderantes, propiciando un contenido de humedad de alrededor de 44% en los RSU.
3. Cinco de los componentes de los RSU en La Habana resultaron promisorios para el reciclaje, de los que los mayores porcentajes resultaron el papel y cartón. Aún no resultan suficientes los porcentajes de recuperación, teniendo en cuenta los residuos generados.
4. Los resultados obtenidos son valiosos para la toma de decisiones respecto a la gestión de los RSU, constituyendo una contribución útil para el plan de su manejo integrado en La Habana.

#### **REFERENCIAS**

- ASTM., Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste., Designation: D 5231 – 92 (Reapproved 2008), USA, 2008, pp. 01-06.
- Christensen, T.H., Introduction to Waste Management, Solid Waste Technology and Management, Vol. 1, Chapter 1.1, UK: Wiley, 2011, pp. 3-16.
- CITMA., Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020., Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba, 2016, pp. 17-18.
- EC (European Commission), Methodology for the analysis of solid waste (SWAtool)., 5<sup>th</sup> Framework Program, Vienna, Austria, 2004, pp. 04-29. Disponible en: <http://www.swa-tool.net> (Revisado 04.04.14).
- Espinosa, Ma. del C., López, M., Álvarez, H., Pellón, A., García, J., Díaz, S., Fernández, A., Characterization of municipal solid waste form the main landfills of Havana City., Waste Management, Vol. 28, No. 10, 2008, pp. 2013-2021.
- Espinosa, Ma. del C., López, M., Pellón, A., Fernández, A., Díaz, S., Cuban research in municipal solid waste., Solid Waste Management and Environmental Remediation, Chapter 3, Nova Science Publishers, Inc., 2010, pp. 125-176.
- ONEI., Anuario Estadístico de La Habana 2014., Oficina Nacional de Estadísticas e Información, Edición 2015, pp. 08-21.
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J.F., Contreras, E., Gálvez, A., Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios., Manuales de la CEPAL No. 2, 2016, pp. 17-19.
- Samwine, T., Peng, W., Lezhong, X., Yaoliang, S., Emmanuel, A., Wang, Y., Challenges and Prospects of Solid Waste Management in Ghana., International Journal of Environmental Monitoring and Analysis, Vol. 5, No. 4, 2017, pp. 96-102.