

Evaluación de la generación de residuos sólidos ordinarios del cantón de Belén en el período 2005-2015

Esteban Salazar-Acuña

Unidad Ambiental. Municipalidad de Belén, Heredia, Costa Rica, esteban2085@gmail.com

Recibido 24-V-2016 • Corregido 15-VI-2016 • Aceptado 20-VI-2016

ABSTRACT: Assessment of ordinary solid waste generation in the canton of Belén in the period 2005-2015. Municipal solid waste management is a serious problem in most developing countries and local governments must have reliable information to make decisions. I analyzed total waste, recoverable waste and organic waste generation in Belén, Heredia, Costa Rica from 2005 through 2015. I found significant differences between the periods 2005-2010 and 2010-2015 ($p < .0001$), associated with population growth. More waste collection alternatives seem to bring more generated waste ($p < .0001$). The generation of CH_4 in the study period was 52 759.85 Mg of CO_2e . The local government should focus on managing organic waste and promote alternative collection methods for recoverable. The evaluation of reliable information and extensive time scales is critical for successful management of solid waste.

Key words: municipal solid waste generation, Municipality of Belén, comprehensive management.

RESUMEN: La gestión de los residuos sólidos urbanos es un problema grave en la mayoría de los países en desarrollo y es esencial que los gobiernos locales tengan información confiable para tomar decisiones pertinentes. Analicé la generación total de residuos, la generación de residuos valorizables, la generación de residuos no valorizables y la generación de residuos orgánicos en Belén, Heredia, Costa Rica entre el 2005 y 2015. Encontré diferencias significativas entre los períodos 2005-2010 y 2010-2015 ($p < .0001$), asociados al crecimiento demográfico. La diversidad de alternativas en la recolección de residuos parecen tener más residuos generados ($p < .0001$). La generación de CH_4 en el período de estudio fue de 52 759,85 Mg de CO_2e . El gobierno local debe concentrarse en la gestión de los residuos orgánicos y residuos valorizables. La evaluación de información confiable y grandes escalas temporales es fundamental para lograr una gestión de residuos sólidos exitosa.

Palabras clave: residuos sólidos urbanos, generación, Municipalidad de Belén, gestión integral.

La gestión de los residuos sólidos urbanos es uno de los temas prioritarios en el desarrollo de propuestas para la conservación y uso sostenible de los recursos naturales (Costi et al., 2004), especialmente en las ciudades de los países en vías de desarrollo (Manaf, Samah & Sukki, 2009; Guisti, 2009). Sin embargo, este proceso no es sencillo, ya que el origen de la problemática causada por prácticas inadecuadas de manejo de residuos es multivariado, lo que ha producido que muchos países en vías de desarrollo no hayan podido alcanzar soluciones integrales, debido a la falta de planificación y que en muchas ocasiones por que no se identifican los elementos críticos necesarios para lograr mejorar esta gestión (Abarca, Maas & Hogland, 2013). Dentro de esta problemática, la falta de información estadística en escalas temporales amplias

limita la capacidad de implementación un manejo de los residuos exitoso (Metin, Eröztürk & Neyim, 2003).

En Costa Rica la gestión de los residuos sólidos a nivel nacional era una de las grandes debilidades en la gestión ambiental en la primera década del siglo XXI, pese a la reconocida agenda verde en temas de conservación y protección de los recursos naturales (Gaviria & Soto, 2008). Sin embargo, con la publicación de la Ley para Gestión Integral de Residuos (Ley N°8839), junto con una serie de reglamentos vinculados a esta ley, el marco jurídico nacional en tema de gestión de residuos logró un importante cambio. Esta ley solicita a las municipalidades la elaboración de un Plan Municipal para la Gestión integral de Residuos (PMGIRS) como una herramienta de planificación que les permita lograr identificar las debilidades

en el manejo y generar los insumos necesarios para optimizar la gestión (Municipalidad de Belén, 2012).

En el caso de la Municipalidad de Belén, se cuenta con un PMGIRS desde el 2012 en donde han definido las principales líneas de acción en la atención a la problemática de la generación de los residuos del cantón. No obstante, este plan posee poca información acerca de las tendencias en la generación de los residuos sólidos ordinarios en plazos temporales extensos, además que no incluye la respuesta de los procesos de separación y valorización de residuos, ya que el programa municipal de recolección de residuos valorizables inició de forma oficial en el cantón hasta el 2011 (Municipalidad de Belén, 2012).

El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación de la generación de los residuos sólidos del cantón de Belén en el período comprendido entre enero de 2005 y diciembre de 2015, con el fin de establecer información confiable que pueda ser aplicada a la optimización de las estrategias locales de gestión ambiental con un sustento científico por parte de la Municipalidad.

MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Cantón de Belén, de la Provincia de Heredia, Costa Rica. Este municipio se encuentra ubicado en la región suroeste de la provincia y cuenta con una extensión de 12 km² (Municipalidad de Belén, 2012) y con una población de aproximadamente 24000 habitantes (Salazar-Acuña, 2015). Está compuesto por tres distritos: La Asunción, San Antonio y La Ribera; cada uno con un sector central definido por la presencia de un centro educativo público, una iglesia católica y una plaza de deportes.

Analicé las bases de información sobre la recolección y disposición final de los residuos sólidos registradas en el Área de Servicios Públicos y la Unidad Ambiental de la Municipalidad de Belén desde que el servicio funciona a través de la estructura administrativa de contratación a empresas privadas para recolección y disposición final.

Evalué la generación de los residuos sólidos ordinarios, de manejo especial y peligrosos recolectados por la Municipalidad desde el año 2005 hasta el año 2015. Este análisis consideró la generación total producida como la sumatoria de la recolección de los residuos ordinarios recolectados dos veces a la semana (martes y viernes respectivamente), el programa municipal de recolección de residuos valorizables, la recolección de residuos realizada por el servicio de limpieza de vías y parques públicos,

las campañas de recolección de residuos no tradicionales (residuos de manejo especial) y las campañas de recolección de los residuos electrónicos. En el caso de los valorizables, el período contemplado se ubicó desde enero del 2010 hasta diciembre del 2015, ya que el programa municipal de recolección de estos residuos se estableció operativamente hasta el 2010.

Para realizar el análisis de la información de forma diferenciada, la generación total fue subdividida en residuos valorizables y en residuos no valorizables, además de que se estimó la proporción de residuos orgánicos recolectados. Para esta estimación se utilizó la proporción estandarizada del 50% entre enero del 2005 y diciembre del 2010, ya que el cantón no contó con estimaciones de la generación de residuos orgánicos antes del 2010. Entre el 2010 y el 2014 se utilizó el valor estimado en el Estudio de Generación y Caracterización de los Residuos Sólidos del Cantón de Belén (CEGESTI, 2011), que establece un 58% de componentes orgánicos. Para el 2015, se utilizó una proporción del 57%, estimada en la actualización del estudio de generación realizada por la Universidad Nacional para el cantón (Municipalidad de Belén, 2015). Por último, se relacionó la generación total anual con la cantidad de usuarios de los servicios municipales para establecer si existió relación entre la cantidad de usuarios y la generación de residuos para todo el período de estudio.

Por otra parte, se estimó el aporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos por los residuos orgánicos generados desde enero 2005 hasta diciembre de 2015 en el cantón por medio de la metodología de aplicación de la metodología de factores de emisión anuales publicados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2015). La estimación de la emisión de GEI se presenta en Mg CO₂e (tCO₂e).

Se realizó una prueba de Análisis de Varianza (ANDEVA) para determinar el efecto del tiempo sobre la generación de generación total, residuos valorizables y no valorizables en el cantón. Adicionalmente, se realizó una prueba de Tukey para determinar las diferencias durante el período de estudio. Por otra parte, se evaluó el impacto de la diversificación de las alternativas de recolección de los residuos sobre la recuperación de materiales valorizables desde enero 2010 hasta diciembre 2015. En el caso de los valorizables se realizó una ANDEVA para determinar el efecto de la diversificación de las alternativas de recolección sobre la recuperación de estos residuos por los programas municipales. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa INFOTAT.

RESULTADOS

El cantón de Belén generó 80561,22 Mg de residuos, con un promedio mensual de 615,44 Mg de residuos sólidos recolectados y dispuestos a través de los servicios de recolección brindados por la Municipalidad de Belén para el período 2005-2015. Los meses con mayor generación promedio se ubicaron de mayo a junio, mientras que la menor generación promedio se ubicó entre febrero y abril. Se muestra una marcada estacionalidad en la cantidad de residuos registrados por la municipalidad en la época de mayor producción y la de menor producción promedio (Fig. 1).

En el caso de los residuos orgánicos se estimó que la producción durante el período analizado fue de 43242,24 Mg, lo que significó la generación de 52759,85 Mg de CO₂e, con un promedio mensual de 399,70 Mg de CO₂e, derivadas de la producción de CH₄ en los rellenos sanitarios utilizados para la disposición final (Fig. 2).

Por otra parte, se encontró diferencia significativa en la generación de residuos en el cantón (ANDEVA, F= 5,41; g.l.=10; p<.0001) en el período de estudio (Fig. 3). Hubo diferencias en la generación de residuos ordinarios entre el período 2005-2012 y el período 2012-2015 (Tukey; Cuadro 1). Este aumento está correlacionado positivamente con el aumento en la cantidad de usuarios del cantón (Coeficiente de correlación= .919).

En el caso de los residuos valorizables, la recuperación ha mostrado una tendencia a aumentar

exponencialmente desde el 2011 hasta el 2015. Los meses con mayor recolección promedio fueron agosto y setiembre, mientras que enero y octubre fueron los meses con menor recolección. No obstante, la recolección de ROV alcanzó el 3.1% del total recolectado en el 2015 (Fig. 4).

Se encontró que existe una diferencia significativa causada por la diversificación de las alternativas de

CUADRO 1
Prueba de medias múltiple (Prueba de Tukey) para la generación total de residuos sólidos ordinarios

Año	Media	n	E.E.			
2005	540,85	12	17,96	A		
2006	566,84	12	17,96	A	B	
2007	592,97	12	17,96	A	B	
2008	600,05	12	17,96	A	B	
2009	627,42	12	17,96		B	C
2010	616,11	12	17,96	A	B	C
2011	613,13	12	17,96		B	
2012	627,27	12	17,96			C
2013	647,82	12	17,96			C
2014	639,84	12	17,96			C
2015	697,98	12	17,96			C

*Medias con un letra común no son significativamente diferentes (p<.05).

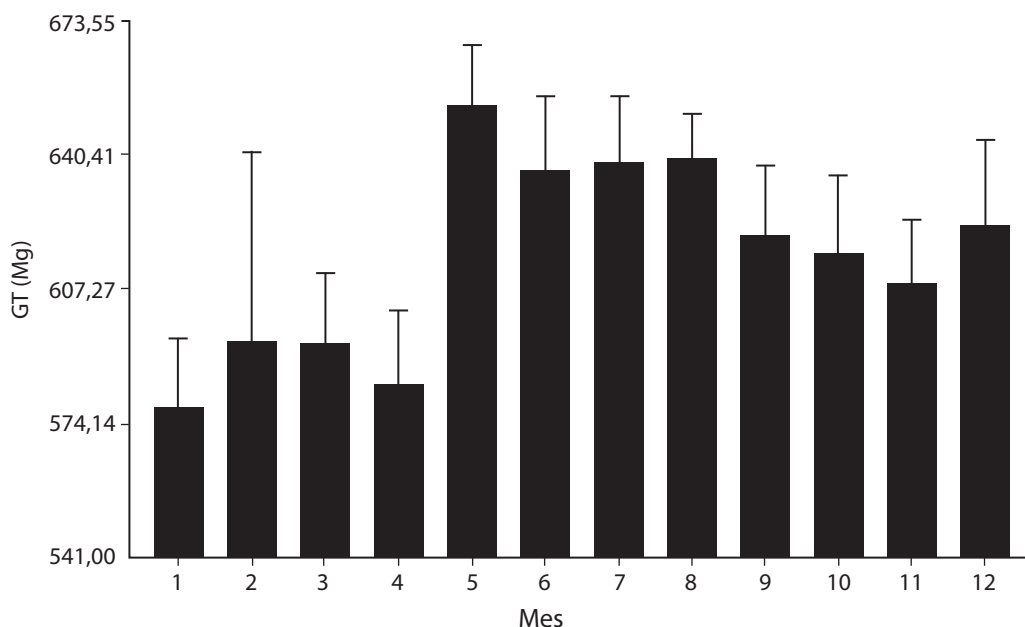


Fig. 1. Generación Total Producida (en promedio± E.E.) de residuos sólidos por mes.

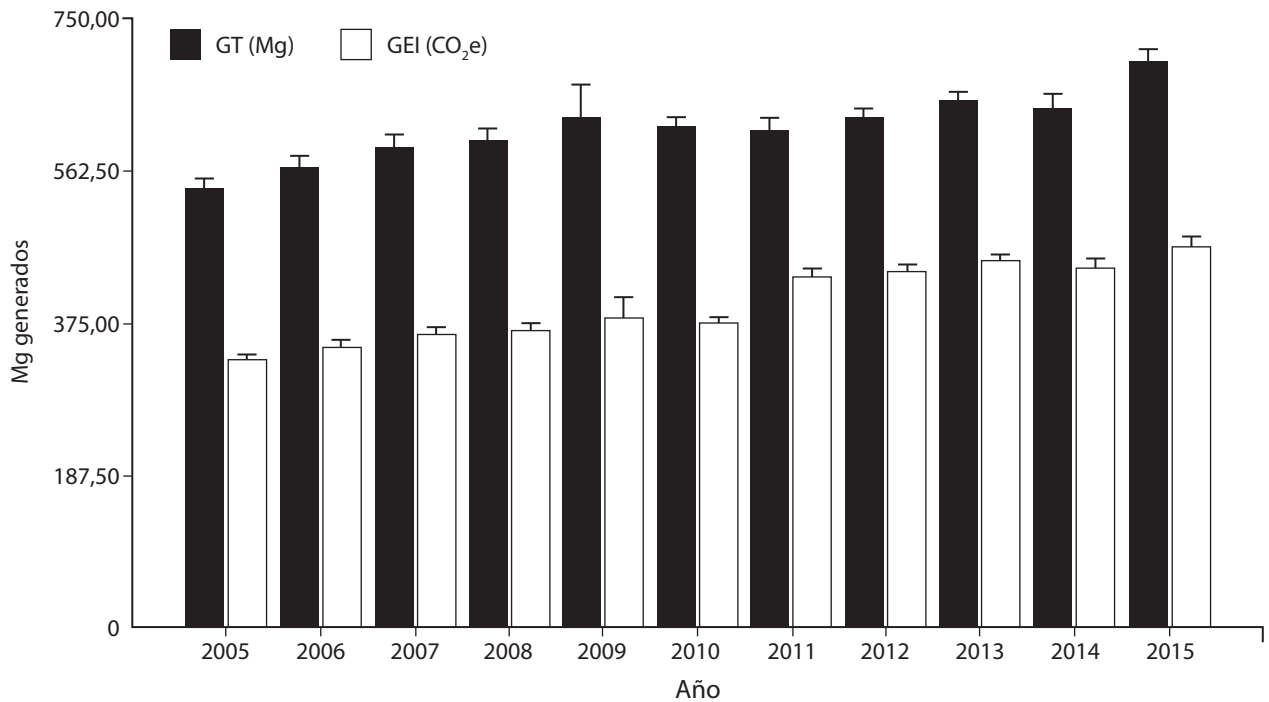


Fig. 2. Generación total (GT) promedio de residuos sólidos y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivados de la disposición final (en Mg de CO₂e).

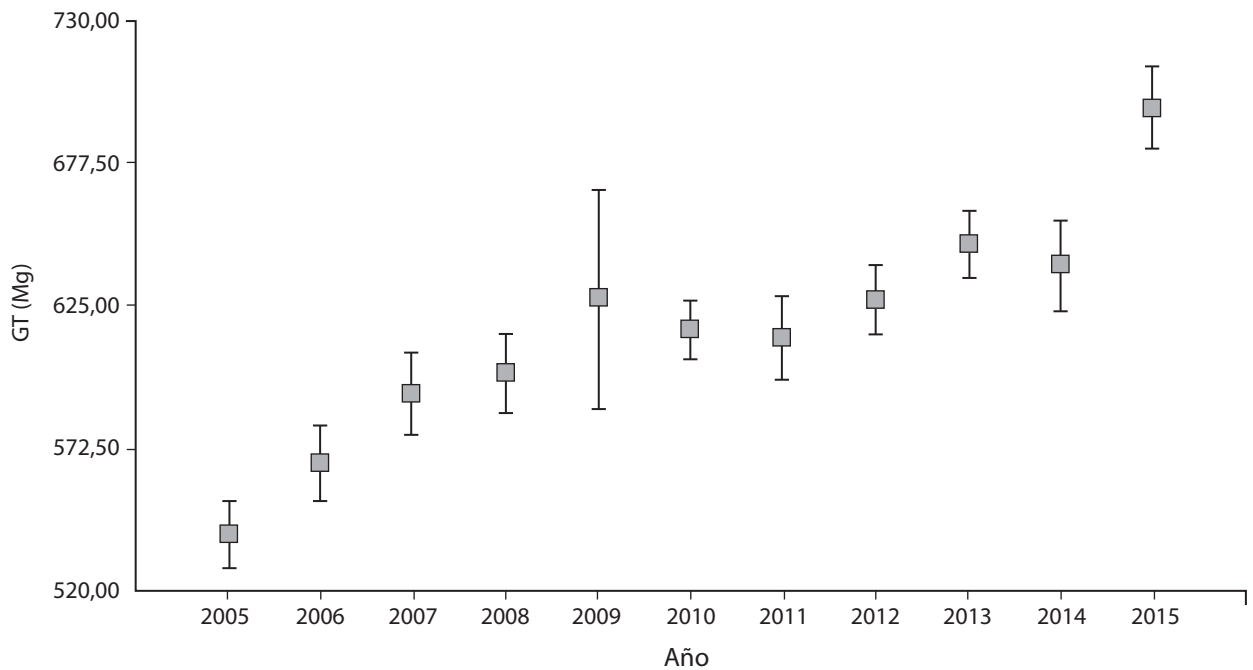


Fig. 3. Comparación de la generación anual promedio (+E.E.) de la generación de los residuos sólidos ordinarios en el cantón de Belén entre el 2005 y el 2015.

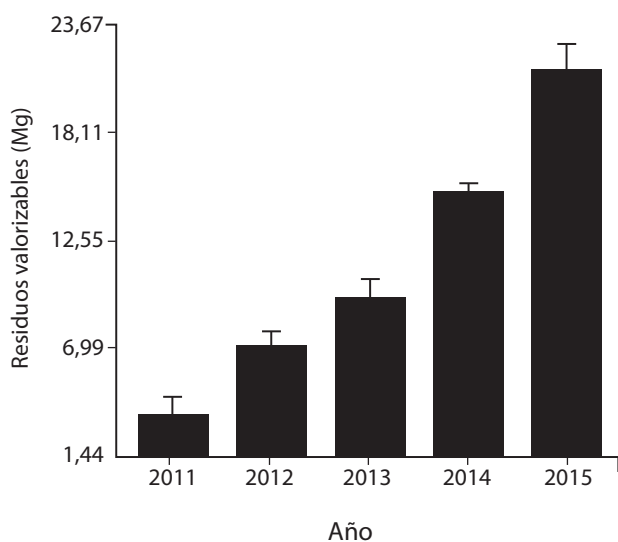


Fig. 4. Generación mensual promedio de los Residuos Ordinarios Valorizables.

recolección sobre la cantidad de ROV captados por la Municipalidad (ANDEVA; $F=29,39$; $g.l.= 2$; $p<,0001$). Adicionalmente, se encontró efecto de la recolección diferenciada sobre la GT (ANDEVA; $F=231,31$; $g.l.= 1$; $p<,0001$).

DISCUSIÓN

El crecimiento en la generación de los residuos sólidos en las ciudades está ligado al crecimiento en población o en actividad que tenga el asentamiento urbano (Sharholy et al., 2007; Abarca et al., 2013). Pese a que se encontró un crecimiento significativo desde el 2005, este incremento se justifica con el desarrollo urbanístico que ha sufrido el cantón. Rodríguez (2014) encontró que desde el 2006 el cantón ha sufrido un aumento del 7% en la cobertura de asentamientos urbanos, lo que implica un aumento potencial en la generación de residuos. Esto coincide con la correlación encontrada entre el aumento en la cantidad de usuarios de los servicios municipales entre el 2005 y el 2015, que pasó de 5233 usuarios a 7022 usuarios respectivamente (Cuadro 2).

Esto indica que el incremento en la generación de residuos es una respuesta al crecimiento del cantón en población, comercio e industria, quienes como usuarios consumen más recursos y por ende, generan más residuos. CEGESTI (2011) estimó que el cantón generaba en promedio $0,98 \text{ kg}\cdot\text{habitante}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, mientras que en la actualización del estudio de composición realizado por la UNA en el 2015 reporta una tasa promedio de $0,85$

$\text{kg}\cdot\text{habitante}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ (UNA, 2015), por lo que no se podría establecer un efecto de los cambios en los hábitos de consumo sobre la GT entre el 2005 y el 2015, sino que se trata de un efecto principalmente demográfico. No obstante, es necesario realizar un análisis más profundo de los hábitos de consumo y generación para establecer de forma directa la relación de esta variable en la GT del cantón.

En el caso de la generación promedio durante el año, se evidencian dos períodos diferenciados en generación de residuos (Fig. 1), lo que podría estar influenciado por fechas conmemorativas, como por un efecto de la precipitación en la época lluviosa sobre el pesaje de los residuos recolectados. No obstante, la comparación realizada en este trabajo no contempló el efecto del clima sobre el peso de los residuos recolectados, por lo que esas justificaciones no son concluyentes. Sin embargo, la Municipalidad debe considerar esta tendencia histórica en su proceso de planificación, tanto para las rutas de recolección ordinaria como en la recolección diferenciada de los residuos del cantón.

La diversificación de opciones propuesta por la Municipalidad para la comunidad tuvo un efecto en la generación de residuos, tanto en la recolección de residuos valorizables como los no valorizables, lo que supone que cuando se amplían las alternativas de recolección, la generación tiende a aumentar. Esto tiene una enorme importancia en términos de gestión, ya que supone que se deben fomentar y fortalecer las alternativas de recolección de residuos valorizables, mientras que se deben establecer las opciones mínimas de recolección para los

CUADRO 2
Generación mensual promedio de residuos y cantidad de usuarios registrados

Año	Generación mensual de residuos sólidos ordinarios (Mg)	Usuarios registrados
2005	540,85	5233
2006	566,84	5439
2007	592,97	5644
2008	600,05	5742
2009	627,42	5943
2010	616,11	6135
2011	613,13	6327
2012	627,27	6396
2013	647,82	6466
2014	639,84	6750
2015	697,98	7022

Fuente: Área de Servicios Públicos. Municipalidad de Belén.

residuos no valorizables sean recolectados de forma que no generen contaminación o afectación a la salud; ya que ambos subgrupos de residuos se ven influenciados positivamente por la diversidad de opciones. Así, el Gobierno Local debe enfocar sus esfuerzos en la separación de los residuos orgánicos y valorizables de la corriente general de los residuos, ya que son agrupaciones de residuos a las que pueden aplicar acciones previas de gestión a la disposición final, en cumplimiento de la jerarquización en la Gestión Integral de Residuos (GIR).

Dentro de esta realidad, la falta de planificación en la colocación de recipientes o sistemas de recolección de residuos no valorizables en áreas públicas o altas frecuencias de recolección parecen tener un efecto negativo sobre los esfuerzos en la reducción de la inversión municipal necesaria para ofrecer el servicio, además de que favorece la disposición final sobre las acciones prioritarias GIR establecida en la Ley N°8839. La ausencia de procesos de intermediación entre la generación y la disposición final se ha identificado como uno de los principales problemas en la gestión en otros países tropicales como Malasia (Manaf et al., 2009) y Kenia (Henry et al., 2006).

Es por lo anterior, que la recolección de los residuos valorizables debe establecerse con una mayor cantidad de alternativas, de forma que su recuperación pueda estimularse a través de una plataforma operativa acorde a las necesidades de la comunidad, en donde se debe buscar reducir el impacto en el manejo de los residuos a través de plataformas social-ambientales que permitan que la generación de riqueza producto de la valorización de los materiales recuperados sea a nivel local, preferiblemente por medio de encadenamientos productivos o emprendimientos propios del cantón que generen y acciones de desarrollo sustentable en la comunidad. Camacho et al. (2008) indicaron que estos emprendimientos poseen una enorme potencialidad en Costa Rica, con una enorme capacidad de mejora en procesos sencillos. Sin embargo, requieren apoyo y acompañamiento por parte de las autoridades y entes rectores en la GIR.

Abarca et al. (2013) determinaron que el éxito de los programas de gestión de los residuos valorizables en los países en vías de desarrollo depende tanto de la participación ciudadana como de la capacidad de los gobiernos locales en contar con infraestructura y equipo adecuado para realizar los procesos de separación y reciclaje acorde a la generación de las ciudades o asentamientos. Costi et al. (2004) mencionan que se han propuesto diversos modelos para tomar decisiones acerca de las alternativas de gestión y que estas propuestas se basan en diversificar las formas de recolección y tratamiento; debido a cantidad de factores que influyen en la generación y

composición de los residuos generados en zonas urbanas. Esto coincide con los resultados encontrados, en donde se identifica que es necesario diversificar y aumentar la frecuencia de algunas alternativas, mientras que se debe limitar el uso de sistemas más generales y como poca diferenciación en la separación.

Como se mencionó anteriormente, la generación de residuos orgánicos posee un gran impacto en la generación total cantonal, por lo que es fundamental establecer estrategias de recolección y tratamiento diferenciado de estos residuos, ya sea para la elaboración de abonos y enmiendas orgánicas, así como para la reducción de emisiones de GEI. Estos residuos pueden gestionarse de diferentes maneras o alternativas, de forma que se promueva la participación comunitaria. Asimismo, esta gestión de los residuos orgánicos tiene un efecto directo sobre la contaminación generada por la producción de lixiviados y CH_4 producto de la descomposición no controlada de los residuos.

La reducción en la recolección de residuos orgánicos posee un enorme potencial para la optimización de los procesos de gestión de residuos, no solamente en la disminución de material dispuesto en los rellenos sanitarios, sino en el impacto del modelo "casa por casa" en las emisiones de GEI (Iriarte et al., 2009) y debe considerarse como una prioridad en la gestión y en planificación a todas las escalas, ya que es a través de una estructura de gestión eficiente de los materiales y no con la privatización de los servicios, como se ha generalizado tradicionalmente (Bel & Warner, 2008).

El gobierno local debe enfocar los esfuerzos a la promoción de los programas que permitan el compostaje doméstico y la recuperación de abono orgánico producido con los residuos orgánicos domiciliarios, con el fin de reducir la cantidad de residuos que se dispongan en los rellenos sanitarios como una prioridad, debido al impacto significativo que se genera tanto en consumo de recursos económicos como en el impacto ambiental ligado a la emisión de GEI, la contaminación de los suelos, el aire y en la salud de la población.

En el caso de Belén, la gestión de los GEI es de gran importancia, ya que el cantón se encuentra en el proceso de elaborar una Estrategia Cantonal de Cambio Climático, en la cual la gestión de los residuos como fuentes indirectas es fundamental en esta iniciativa, ya que se ha probado que algunas instituciones públicas aportan GEI a la atmósfera principalmente por la generación de residuos sólidos y líquidos (Salazar-Acuña, 2015).

La información recolectada permite determinar los elementos críticos en la generación de los residuos en el cantón a través de un análisis temporal a largo plazo, lo

que sirve como base para la planificación y toma de decisiones por parte de las autoridades. Un ejemplo de una evaluación más holística de la gestión de los residuos sólidos a nivel nacional la aportan Campos-Rodríguez y Soto-Córdoba (2014) para el cantón de Guácimo. Sin embargo, es necesario que se considere el análisis de la generación de residuos con otros factores importantes como la educación ambiental, el marco legal existente, la infraestructura, el presupuesto municipal, el sistema de administración municipal, la cultura y el impacto social de este proceso en Belén para lograr optimizar los procesos de GIR.

Este trabajo ofrece una visión a largo plazo del comportamiento y relaciones entre la generación, la población y las alternativas de separación para un cantón urbano. Sin embargo, toda la información presentada debe complementarse con análisis más exhaustivos para lograr establecer estrategias locales que impacten sobre la problemática histórica, de manera que se ejecuten soluciones permanentes y de alto impacto sobre la generación de residuos que puedan ser aplicadas en las zonas urbanas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Municipalidad de Belén por permitirme analizar las fuentes de información generadas históricamente acerca de este tema tan importante en la función municipal.

REFERENCIAS

Abarca, L.A., Maas, G. & Hogland, W. (2013). Solid wastemanagementchallengesforcities in developingcountries. *Waste Management*, 33, 220-232.

Bel, G. & Warner, M. (2008). Does privatization of solid waste and water services reduce costs? A review of empirical studies. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 1337-1348.

Camacho J.R., Murillo, J.V & Yeomans, J. (2008). Plan de negocios para la implementación de un centro de recuperación de materiales en Guácimo, Costa Rica. *Tierra Tropical*, 4(1), 425-468.

Campos-Rodríguez, R. & Soto-Córdoba, S. (2014). Análisis de la situación del estado de la Gestión Integral de Residuos (GIR) en el cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 27(1), 114-124.

CEGESTI. (2011). *Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos del cantón de Belén*. San Antonio de Belén, Costa Rica.

Costi, P., R. Minciardi, M. Robba, M. Rovatti & R. Sacile. (2004). An environmentally sustainable decision model for urban solidwaste management. *Waste Management*, 24, 277-295.

Gaviria, L. & S. Soto. (2008). Situación de la Gestión de los Residuos Sólidos en las municipalidades de Costa Rica: Recolección, disposición y recuperación. *Tecnología en Marcha*, 20(4), 3-7.

Guisti, L. (2009). A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, 29, 2227-2239.

Henry, R.K., Yongsheng, Z., & Jun, D. (2006). Municipal solid waste management challenges indeveloping countries – Kenyan case study. *Waste Management*, 26, 92-100.

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2015). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero*. Quinta edición. San José, Costa Rica.

Iriarte, A., Gabarrell, X. & Rievadevall, J. (2009). LCA of selective waste collection systems in dense urban areas. *Waste Management*, 29, 903-914.

Manaf, L.A., Samah, M.A.A. & Zukki, N.L.M. (2009). Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges. *Waste Management*, 29, 2902-2906.

Metin, E., Eröztürk, A. & Neyim, C. (2003). Solid waste management practices and review of recovery andrecycling operations in Turkey. *Waste Management*, 23, 425-432.

Municipalidad de Belén. (2012). *Plan Municipal para la Gestión integral de los Residuos Sólidos del Cantón de Belén (PMGIRS)*. Belén, Heredia, Costa Rica.

Municipalidad de Belén. (2015). *Plan Municipal para la Gestión integral de los Residuos Sólidos del Cantón de Belén (PMGIRS)*. Belén, Heredia, Costa Rica.

Rodríguez, R. (2014). *Inventario de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el sector forestal y uso del suelo (FOLU) del cantón de Belén para el período 2006-2013*. Práctica profesional Supervisada para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería Forestal. Universidad nacional, Heredia, Costa Rica

Salazar-Acuña, E. (2015). Inventarios de Gases de Efecto invernadero de las escuelas primarias de Belén, Heredia, Costa Rica. *Cuadernos de investigación*, 7(2), 193-200

Sharholly, M., Ahmad, K, Mahmmud, G. & Trivedi, R.C. (2007). Municipal solid waste management in Indian cities – A review. *Waste Management*, 28, 459-467.

UNA (Universidad Nacional). (2015). *Estudio de caracterización de residuos sólidos para el cantón de Belén*. Contrato de vinculación externa N° UNA-CVE-685-2014. Heredia, Costa Rica.

