



CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTENERIZACIÓN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA MEDIANTE ANÁLISIS MULTIVARIADO

Characterization of containerization system of Riobamba city through multivariate analysis

Lesly Díaz Llumiquinga, Elsa Pilataxi Gordon, César Puente Guijarro, Janneth Gallegos Núñez, Jenner Baquero Luna, Janneth Jara Samaniego*

Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

*ljara@espoch.edu.ec

Resumen

La gestión correcta de los residuos sólidos urbanos ha sido una preocupación constante para los gobiernos municipales debido al alto volumen generado. A fin de mejorar el sistema de recolección, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba en el año 2013, decidió emplear un sistema de contenerización con base a la experiencia de la recolección puerta a puerta. En esta investigación se realizó la georreferenciación de los contenedores generando mapas digitales y se determinó la percepción de los usuarios sobre el sistema implementado, mediante la aplicación y validación de instrumentos de investigación. Los datos obtenidos de los usuarios fueron sometidos a un análisis multivariado de componentes principales, determinándose que, la efectividad, frecuencia, ubicación y cultura-presupuesto municipal caracterizaron el servicio de contenerización. Para 528 usuarios la recolección diaria fue satisfactoria, 302 manifestaron que los contenedores están en buen estado, 407 indicaron que la capacidad es apropiada y 384 coincidieron con una ubicación adecuada. Sin embargo, 232 usuarios detectaron mal olor asociado a la falta de lavado, mientras que 248 reportaron un mal uso. La caracterización del servicio de contenerización contribuirá al establecimiento de políticas orientadas a su mejoramiento.

Palabras clave: Análisis multivariado, contenerización, residuos sólidos urbanos

Abstract

The correct management of urban solid waste has been a permanent concern for municipal governments due to the great volume generated. In order to improve the collection system of these waste, the Municipal Autonomous Decentralized Government of Riobamba in 2013 used a containerization system based on the experience of door to door picking. In this investigation, the georeferenciation of the containers was made generating digital maps and was determined the perception of users about the implemented system, through the application and validation of research instruments. The data obtained were subjected to the multivariate analysis determining that the effectiveness, frequency, location and culture-municipal budget characterized the phenomenon. Regarding these factors, the daily collection was satisfactory for 528 users, while 302 affirmed the good condition of the containers, 407 their enough capacity and 384 coincided with an adequate location of the container. However, 232 users detected a bad smell due to lack of washing and 248 reported misuses. The characterization of containerization service will contribute to establish policies focused on their improvement.

Key words: Multivariate analysis, containerization system, urban solid waste

Fecha de recepción: 29-08-2018

Fecha de aceptación: 17-06-2019

I. INTRODUCCIÓN

La gestión correcta de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), se ha convertido en los últimos años en una preocupación constante para las autoridades municipales y para los gobiernos en general. El crecimiento poblacional, el consumismo, la falta de educación ambiental de la población, la diversidad de residuos sólidos y los escasos recursos económicos asignados para su gestión, han hecho que esta problemática se agudice en los países de América Latina.

En el Ecuador, según datos proporcionados por el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y otras instituciones, se determinó que el servicio de recolección de residuos sólidos tiene una cobertura nacional promedio del 84.2 % en las áreas urbanas y 54.1 % en el área rural, la fracción no recolectada contribuye directamente a la creación de micro basurales descontrolados (1).

A nivel global, no existe un modelo ideal para la gestión de RSU debido a particularidades ligadas a cada localidad (número de habitantes, superficie del municipio, viabilidad económica, vocación del municipio, servicios, residencial, industrial, contexto geográfico, etc.), por lo que algunos modelos pueden complementarse entre sí y coexistir (2).

En el país, la recolección de estos residuos se ha realizado tradicionalmente puerta a puerta, generando altos costes de transporte relacionados al recorrido de las rutas de recogida de residuos, horarios establecidos y personal asignado (3). En vista de esta problemática, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de la ciudad de Riobamba (GAD-M Riobamba), en el año 2013, implementó un sistema de contenerización de residuos sólidos con base en la experiencia adquirida en el sistema tradicional, sin aplicar herramientas informáticas indispensables para llevar a cabo estudios relacionados con localización geográfica y gestión de transporte (3). El uso de estas herramientas posibilitaría el diseño de modelos óptimos de localización de los contenedores, sustituyendo el tradicional diseño manual y el empleo de mapas físicos (4). Los sistemas de información geográfica facilitan a los municipios la captura, almacenamiento, manipulación de datos referenciados para simplificar los diseños de la gestión de residuos urbanos, el sistema es flexible a las potenciales modificaciones en dependencia del comportamiento de la comunidad (3).

En la práctica este sistema permite disponer, visualizar y consultar de forma sencilla y ordenada la información

cartográfica y del plano de la ciudad (5). En este sentido, la presente investigación se centró en la georreferenciación de 1 093 contenedores de RSU ubicados en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba y en la aplicación del análisis multivariado para conocer el grado de satisfacción de los usuarios a fin de que las autoridades municipales puedan implementar mejoras en la ampliación de este servicio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el período marzo-noviembre de 2017, en la ciudad de Riobamba, situada a 2 750 msnm, a 1° 41' 46" latitud Sur; 0° 3' 36" longitud Occidental del meridiano de Quito, en la región Sierra Central de Ecuador. Se contó con la autorización y colaboración de la Dirección de Gestión Ambiental Salubridad e Higiene del GAD-M Riobamba para la obtención de información y acceso a las áreas de estudio.

Georreferenciación de los contenedores

Para la georreferenciación de los contenedores se tomó como punto de partida los talleres municipales de la ciudad de Riobamba donde se encuentran los vehículos recolectores de carga lateral. Se trabajó con un GPS 64s GARMIN.

Población y Codificación de los contenedores

Una vez georreferenciada la población de contenedores, se creó un mapa web con la ayuda de la herramienta Google Maps.

Se añadió una nueva capa, en la cual se importaron los puntos desde el GPS64s GARMIN seleccionando el archivo que contiene la información de la georreferenciación de los contenedores.

El proceso de numeración se llevó a cabo por medio de la importación del archivo que contenía la información en el orden del monitoreo.

Muestreo de contenedores

Para la determinación del tamaño de la muestra en poblaciones finitas, se empleó la fórmula:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{E^2 (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde,

n: tamaño de la muestra

z: nivel de confianza deseado, para el 95 % del nivel de confianza z corresponde a 1.96

p: proporción de la población que posee la característica de interés o probabilidad de ocurrencia, p=0.5 por tanto q=0.5

q: probabilidad de no ocurrencia

N: es el número de contenedores. N=1 030

E: error máximo aceptable. E= 0.05

Para obtener una muestra representativa del total de la población de contenedores se utilizó la herramienta Microsoft Excel 2 013. Cada contenedor fue seleccionado mediante un muestreo aleatorio (6).

Validación de instrumentos de investigación

Se entrevistó a los usuarios más cercanos de los contenedores seleccionados. Como referencia se tuvo en cuenta aquellos sitios que permanecen en constante actividad: tiendas, restaurantes, viviendas, etc. Para esta actividad se elaboró una entrevista semiestructurada.

Partiendo del análisis factorial de los parámetros expresados por la población beneficiaria de los contenedores, se implementó una encuesta, la misma que fue validada por expertos, aplicada a la población y luego validada en su fiabilidad mediante el Alfa de Kronbach para finalmente pasar todos los datos al análisis multivariado de componentes principales.

III. Resultados

Georreferenciación

Se georreferenciaron un total de 1 093 contenedores (Figura 1), de los cuales

1 030 estaban activos para el servicio de recolección de residuos sólidos. La georreferenciación, se evidencia en el mapa web <https://drive.google.com/open?id=1JLT2X-qqL4E0t9VCoETEADbf5qyk&usp=sharing> y se codificó de acuerdo a la fecha de registro del GPS64s GARMIN.

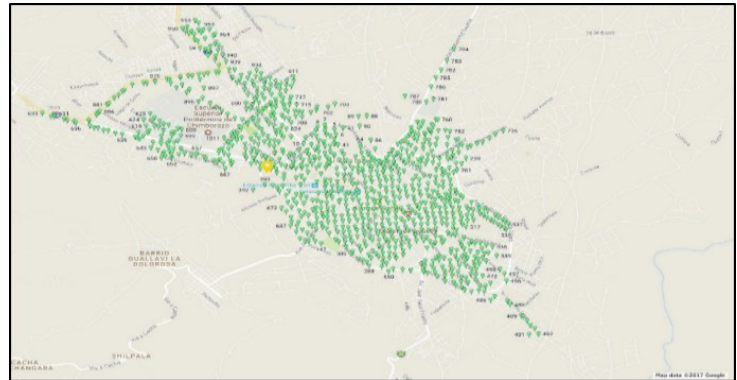


Figura 1. Población y codificación de los contenedores activos en las vías públicas de la ciudad de Riobamba.

Partiendo de un total de 1 030 contenedores activos, se calculó el tamaño de la muestra probabilística, resultando 280 contenedores; elegidos aleatoriamente; a partir de esta muestra se procedió a entrevistar a la población que se servía de los mismos.

Se consideró la creación de una nueva capa en Google Maps para la ubicación de estos puntos (Figura 2) y se colocó en el enlace <https://drive.google.com/open?id=1Ag-5xPQIxcLsRTd33tUPD0eKdII&usp=sharing>



Figura 2. Ubicación de los contenedores, seleccionados aleatoriamente. Google Maps.

Entrevista a los usuarios

En total se entrevistaron a 840 usuarios, eligiéndose al menos tres usuarios por cada contenedor (280x3=840) para poder realizar el análisis estadístico respectivo. Las variables y subvariables se determinaron técnicamente y se registraron los datos en el paquete IBM SPSS Statistics 19.

Tabulación de variables

Se ingresó cada una de las variables y subvariables analizadas, registrando un total de 15 variables y 108 subvariables.

Análisis de componentes principales

Para dicho análisis, se tomaron en cuenta las variables más representativas de la entrevista.

La Tabla 1 muestra que existe una estrecha correlación

entre los parámetros de investigación, lo que permite realizar la prueba Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) correspondiente.

Matriz de correlaciones ^a											
		Ubicación	Frecuencia	Volumen	Servicio de recolección	Tipo de residuos	Vectores	Lixiviados	Condición del contenedor	Comportamiento del usuario	Uso de servicio higiénico
Correlación	Ubicación	1,000	-0,065	0,308	-0,005	0,021	0,198	0,287	-0,142	-0,053	0,062
	Frecuencia	-0,065	1,000	0,031	0,056	0,196	0,199	0,163	-0,054	0,074	0,370
	Volumen	0,308	0,031	1,000	0,271	0,038	0,381	0,201	0,350	-0,085	0,065
	Servicio de recolección	-0,005	0,056	0,271	1,000	0,107	0,440	-0,005	0,205	0,401	0,374
	Tipo de residuos	0,021	0,196	0,038	0,107	1,000	0,308	0,411	0,057	0,334	0,318
	Vectores	0,198	0,199	0,381	0,440	0,308	1,000	0,494	0,348	0,050	0,253
	Lixiviados	0,287	0,163	0,201	-0,005	0,411	0,494	1,000	-0,075	0,089	0,143
	Condición del contenedor	-0,142	-0,054	0,350	0,205	0,057	0,348	-0,075	1,000	-0,193	-0,010
	Comportamiento del usuario	-0,053	0,074	-0,085	0,401	0,334	0,050	0,089	-0,193	1,000	0,167
	Uso de servicio higiénico	0,062	0,370	0,065	0,374	0,318	0,253	0,143	-0,010	0,167	1,000

a. Determinante = 0,083

Tabla 1. Matriz de correlaciones y determinante

Analizando la prueba de esfericidad de Bartlett de la Tabla 2, el valor de significancia es 0.000 por lo que se rechaza la hipótesis nula ($P \geq 0.05$), aceptando la hipótesis alternativa, mencionando que si es posible hacer el análisis factorial respectivo.

KMO y prueba de Bartlett	
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin	0,532
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado 89,368
	gl 45
	Sig. 0,000

Tabla 2. Prueba de esfericidad de Bartlett

La Varianza total explicada en la Tabla 3, supera el 65 % requerido para caracterizar el problema; también se muestra que los autovalores mayores a 1 son aquellos que son retenidos para verificar el número de factores que son asociados, siendo en este caso los cuatro primeros componentes.

Componente	Varianza total explicada							
	Autovalores iniciales		Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción				Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación	
	Total	% de la varianza	Total	% de la varianza	Total	% de la varianza	Total	% de la varianza
1	2,632	26,320	2,632	26,320	2,632	26,320	1,849	18,486
2	1,647	16,474	42,794	1,647	16,474	42,794	1,813	18,130
3	1,404	14,044	56,838	1,404	14,044	56,838	1,599	15,987
4	1,101	11,011	67,849	1,101	11,011	67,849	1,525	15,246
5	0,971	9,713	77,562					
6	0,647	6,472	84,034					
7	0,601	6,014	90,048					
8	0,446	4,464	94,512					
9	0,322	3,225	97,737					
10	0,226	2,263	100,000					

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 3. Varianza total explicada

Respecto a la Tabla 4, se determinó cuáles son las variables de cada componente, en consecuencia, son las componentes principales que están linealmente correlacionadas, determinando la percepción de los usuarios sobre la calidad del Servicio de Contenerización de RSU de la ciudad de Riobamba.

	Matriz de componentes rotados ^a			
	Componente			
	1	2	3	4
Condición del contenedor	0,820			
Volumen	0,697			
Vectores	0,624			
Frecuencia		0,783		
Uso de servicio higiénico		0,630		
Tipo de residuos		0,616		
Ubicación			0,812	
Lixiviados		0,452	0,710	
Comportamiento del usuario				0,837
Servicio de recolección	0,465			0,770

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.
a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Tabla 4. Matriz de componentes rotados

A partir de la agrupación de las componentes principales, se determinaron respectivamente los siguientes nombres de los cuales se dio a conocer las características presentadas.

La matriz de componentes rotados presenta finalmente los factores que caracterizan el servicio de contenerización en Riobamba.

Los factores que caracterizan a la conte-

nerización en Riobamba (Tabla 5) son: efectividad, frecuencia, característica de posición, cultura y presupuesto.

COMPONENTES	VARIABLES
Característica de efectividad	Condición del contenedor
	Volumen
	Vectores
Frecuencia	Frecuencia
	Uso del servicio higiénico
	Tipo de residuos
Característica de posición	Ubicación
	Lixiviados
Cultura y presupuesto municipal	Comportamiento del usuario
	Servicio de recolección

Tabla 5. Factores que caracterizan la contenerización en Riobamba

Planteamiento de Hipótesis

Ho: No existe al menos una componente que caracterice el servicio de contenerización de RSU que describa el problema estudiado. Si p valor es mayor o igual a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula.

Hi: Si existe al menos una componente que caracterice el servicio de contenerización de RSU que describa el problema estudiado. Si p valor es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula.

IV. DISCUSIÓN

La Varianza total explicada por las 4 componentes que superan el autovalor 1 tienen una frecuencia acumulada mayor al 65 % requerido para caracterizar el problema, siendo las 2 primeras las más importantes cuya ponderación es aproximadamente del 18 %. La componente 1 representa a la efectividad del servicio de contenerización, mientras que la componente 2 atiende a la frecuencia de recolección de los residuos sólidos.

La percepción de los usuarios sobre el servicio de contenerización de RSU, se refleja en el análisis de componentes principales de los factores que caracterizan el problema. A continuación, se discuten cada uno de ellos.

1. Característica de efectividad: se estableció este nombre conforme a los valo-

res homogéneos de las variables de la Tabla 4. Mediante los gráficos se verificó que en la variable: Condición del contenedor, 302 usuarios aseguraron que el contenedor se encuentra en buen estado siendo eficiente, mientras que en la variable Volumen, 407 usuarios manifestaron que el contenedor tiene la capacidad suficiente para abastecer la cantidad de residuos sólidos colocados. El volumen de aforo del contenedor es importante puesto que una capacidad inadecuada o un uso inapropiado, necesariamente puede restar calidad al servicio (7). Por último, se determinó como ineficiente la variable Vectores, pues 232 usuarios manifestaron que existe mal olor. Esto se debe a la presencia de residuos orgánicos degradables.

Los RSU en las regiones y países en desarrollo presentan un porcentaje mayor de materia orgánica biodegradable en comparación con países desarrollados (8, 9, 10). Su rápida descomposición provoca problemas de olor, lixivios, emanación de gases, atrayendo vectores que causan problemas de salud (11).

2. Frecuencia: 528 usuarios indicaron que los RSU se recolectan a diario. Si bien la ciudadanía se manifiesta satisfecha, el Municipio no cuenta con un estudio técnico que indique datos del volumen de residuos que recogen al día que ayude a establecer la frecuencia con que se tienen que vaciar. En función del volumen, los contenedores necesitarán ser vaciados con mayor o menor frecuencia, reduciendo los costes del servicio (5). La frecuencia de recogida de RSU determina el trazado de las rutas, el horario y empleo de personal (3).

3. Característica de posición: en la Tabla 4 se presentaron valores de 0.710 y 0.820 los mismos que se agruparon debido a su similitud lineal; 384 usuarios entrevistados determinaron que los contenedores se encuentran bien ubicados criterios que coincide con su distribución en rutas de circulación habituales de los ciudadanos, cruces de calles, esquinas, etc. (3).

En cuanto a presencia de lixivios, 159 usuarios dieron a conocer que no existen fluidos que se derramen del contenedor, demostrando que la ubicación del contenedor va a influir en la detección del efecto de los lixivios en los casos de sectores concurridos y comerciales.

En realidad, el manejo de residuos domiciliarios debe ser cuidadosamente planificado y diseñado a fin de satisfacer las necesidades de los usuarios y de minimizar el impacto ambiental de cada una de sus fases de recolección, trans-

porte y tratamiento (12), de ahí que el estudio georreferenciado es relevante para obtener una cartografía digital adecuada como factor decisivo a la hora de realizar operaciones de geoprocetamiento y análisis de redes (13).

4. Cultura y presupuesto municipal: esta componente se ve influenciada por el comportamiento inapropiado del usuario. Así, 248 entrevistados sostuvieron que la mayoría de los usuarios hacen mal uso del contenedor arrojando materiales inapropiados, agravando el hecho de que en la ciudad de Riobamba no se dispone de recolección diferenciada. Los RSU categorizados como secos (reciclables e inertes) y húmedos (biodegradables) se colectan en mezcla en un solo contenedor, en los hogares ordinariamente no se usan recipientes separados, y tal como ocurre en cualquier país en vías de desarrollo (14), tampoco existe un sistema de recolección formal de basura electrónica, papel y plástico.

Por último, en la variable Servicio de recolección, 213 usuarios expresaron que no lavan el contenedor. Esto se debe a que el GAD Municipal de Riobamba apenas cuenta con 3 vehículos de este tipo, de los cuales 2 están en óptimas condiciones. Este servicio se puede catalogar como ineficiente pues no es posible lavar con mayor frecuencia los 1 030 contenedores.

V. CONCLUSIONES

- El análisis multivariado permitió la reducción de dimensiones para la determinación de componentes que caractericen el servicio de contenerización del GAD-M Riobamba, los cuales fueron: la efectividad del servicio, la frecuencia de recolección, la posición de los contenedores y la cultura y presupuesto municipal. Para estudios prospectivos, las autoridades municipales han de tomar en cuenta las componentes citadas para el establecimiento de políticas y asignación de recursos. Allí reside la fortaleza de la presente investigación.

- Para mejorar la gestión de los RSU, además de contar con información cualitativa de los técnicos y actores del proyecto de contenerización, se debe recurrir a la geo-

rreferenciación para generar, analizar y representar datos que contribuyan a la toma de decisiones de una manera más técnica.

- El sistema de contenerización implementado por el GAD-M Riobamba ha sido aceptado por la ciudadanía que ha visto en éste, una forma de disponer sus residuos sin restricciones de horario, de mejorar la imagen de la ciudad al colocar los residuos en contenedores cerrados y la comodidad del fácil acceso a los contenedores ubicados a pocos metros de las viviendas. Se reconoce el esfuerzo de las autoridades municipales en vaciar los contenedores con una frecuencia aceptable en la mayoría de las rutas urbanas.

- Los aspectos por mejorar están relacionados con la frecuencia de la limpieza de los contenedores que afecta, sobre todo a los hogares y negocios próximos a éstos.

- Se evidencia la falta de una cultura ambiental en la ciudadanía al depositar residuos especiales que por su naturaleza o tamaño dañan a los contenedores.

- Se considera que este tipo de disposición de residuos en mezcla dificultaría futuros procesos de recolección diferenciada con fines de reciclaje.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al Departamento de Desechos Sólidos Urbanos de la Dirección de Gestión Ambiental Salubridad e Higiene del GAD Municipal de Riobamba por las facilidades brindadas para esta investigación.

Referencias

1. Ministerio del Ambiente de Ecuador. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos PNGIDS. [Internet]. 2016. [citado 12 nov 2018]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>
2. CONAMA. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Modelos y costes en la gestión de residuos municipales. [Internet]. 2014. [citado 15 nov 2018]. Disponible en: http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014//GTs%202014/8_final.pdf
3. Burgos J., Prieto C. Aplicación de la tlg para la optimización de los servicios de recogida y gestión de los residuos sólidos urbanos del municipio de Aspe (Alicante). XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Alicante. [Internet]. 2014. [citado 02 dic 2018]. Disponible en: <http://blog.cetop.es/wp-content/uploads/2012/06/1-X.Torrent1.pdf>
4. Blanco, A. Localización óptima de contenedores de residuos sólidos urbanos en Alcalá de Henares. Revista electrónica de Medio Ambiente UCM. [Internet]. 2016. [citado 06 dic 2018]. Disponible en: <http://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/viewFile/53155/48811>
5. Torret X., Sala J. Herramientas de código libre. Una realidad para la gestión ambiental aplicada a los servicios urbanos. Congreso de Ingeniería Municipal. [Internet]. 2012. [citado 06 nov 2018]. Disponible en: <http://blog.cetop.es/wp-content/uploads/2012/06/1-X.Torrent1.pdf>
6. Murray R., S. Estadística. Segunda ed. España - Madrid: Level. ISBN 0-07-060234-4. 1995. pp. 1-593
7. López Álvarez J.V., Aguilar Larrucea M., Soriano Santandreu F., Fernando de Fuentes A. Containerisation of the selective collection of light packaging waste material: the case of small cities in advanced economies. 2009. [citado 22 nov 2018]. Cities 26, 339-348. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.08.018>
8. World Bank. WHAT A WASTE: A Global Review of Solid Waste Manag. Urban Development Series Knowledge Papers; Urban Development & Local Government Unit, World Bank: Washington, DC, USA. 2012
9. Ikhlayel, M. Development of management systems for sustainable municipal solid waste in developing countries: A systematic life cycle thinking approach. J. Clean. Prod. 2018, 180, 571–586.
10. Rada, E.C.; Zatelli, C.; Cioca, L.I.; Torretta, V. Selective collection quality index for municipal solid waste management. Sustainability. 2018, 10, 257.
11. Hettiarachchi H., Meegoda J., Ryu S. Organic Waste Buyback as a Viable Method to Enhance Sustainable Municipal Solid Waste Management in Developing Countries. 2018. Int. J. Environ. Res. Public Health, 15(11), 2483; doi:10.3390/ijerph15112483
12. Pérez J, Lumbreras J, De la Paz D, Rodríguez E. Methodology to evaluate the environmental impact of urban solid waste containerization system: A case study. J. Clean. Prod. 2017; (150), 197-213. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.003>
13. Gallardo, A, Beltrán, D, Bovea M, Colomer, F, Alberola, M. Diseño de una herramienta SIG para la recogida selectiva de residuos urbanos. Aplicación a Castellón de la Plana. 2010. [citado 11 nov 2018]. XIV International Congress on Project Engineering. Madrid.
14. Kumar G. T, Municipal Solid Waste Management in India: A Few Unaddressed Issues. Proc. Environ. Sci. 2016; (35), 169-175.