

## INFLUENCIA DEL NIVEL DE INGRESOS ECONÓMICOS EN LA RECOGIDA SELECTIVA DE RESIDUOS URBANOS

Antonio GALLARDO\*, Ana GÓMEZ, María Dolores BOVEA, Francisco J. COLOMER MENDOZA  
y Mar CARLOS

Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Escuela Técnica Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales. Universidad Jaume I. Avda. Sos Baynat, s/n. 12071 - Castellón, España

\*Autor responsable; gallardo@emc.uji.es

*(Recibido agosto 2011, aceptado noviembre 2012)*

Palabras clave: residuos, municipales, reciclaje, envases, socioeconomía

### RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados obtenidos en un estudio que analiza la influencia del factor nivel de ingresos económicos en la recogida selectiva, aplicado a la ciudad de Castellón de la Plana (España). Estos resultados serán de gran utilidad para proponer posibles modificaciones en el sistema actual de recogida y nuevos programas de educación ambiental diferenciados. Para determinar la influencia de dicho factor en la eficiencia de la recogida se han elegido dos zonas diferentes: una de nivel de ingresos medio-bajo y otra de medio-alto. Dicha eficiencia se expresa en función del grado de separación y del grado de calidad de los residuos depositados en los contenedores. En este trabajo se han analizado los de envases, de vidrio y de papel-cartón. El grado de separación se ha calculado a partir de la estimación de la tasa de recogida diaria de residuos. Ésta se ha determinado realizando seguimientos diarios del nivel de llenado de los contenedores. Como resultado se obtuvieron unas tasas de recogida superiores en la zona de renta media-alta, para las fracciones de envases y papel-cartón. La calidad de la separación se expresa en función del porcentaje de materiales impropios que aparecen en el contenedor, para ello se realizó una caracterización de los residuos en laboratorio, donde se observó que no había diferencias significativas entre las dos zonas de estudio.

Key words: waste, municipal, recycling, packaging, socio-economy

### ABSTRACT

The results of a study to determine the influence of the income factor on the selective collection of household waste in the city of Castellon de la Plana (Spain) are presented in this paper. These results will be very useful to propose future modifications in the current model of waste collection and to define new environmental education programs. To analyze the influence of the socioeconomic factor on the efficiency of the collection model, two different areas were chosen: medium-low and medium-high income groups. The efficiency is represented in terms of separation rate and quality of the waste deposited in the bins. In our case, the packaging, glass and paper/cardboard bins were chosen for analysis. The degree of waste separation was determined through the estimation of

the daily waste collection rate. This rate was calculated by daily monitoring the filling level of the bins. The results obtained showed a higher daily waste collection rate for the packaging and paper/cardboard bins at the medium-high income area. The quality of the separation was expressed as a function of the percentage of inappropriate materials found in the bins; with this purpose a waste characterization was performed at the laboratory, where no significant differences were observed between the two studied areas.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento económico a nivel mundial ha ocasionado un incremento desmesurado de la producción de residuos urbanos (RU). En Europa las nuevas estrategias de gestión de residuos abordan este problema creando planes de prevención en la generación, separación en origen, valorización y eliminación en vertedero de los residuos no valorizables.

En España la separación en origen de los residuos recuperables se ha planteado mediante la implantación de diferentes sistemas de recogida selectiva (Gallardo *et al.* 2010), dependiendo de cada comunidad autónoma o incluso de la ciudad. Sin embargo, reducir la producción de los residuos y aumentar el reciclaje sólo se logra mediante la participación y colaboración de los ciudadanos.

Son diversas las investigaciones que se han centrado en determinar qué factores influyen en dicha participación. Por una parte, se ha descrito que las dificultades que perciben los ciudadanos a la hora de separar los residuos son la limitación de espacio en los hogares (Gamba y Oskamp 1994, Franco y Huerta 1996) y la lejanía de los contenedores al domicilio (Vinning y Ebreo 1990, Ludwig *et al.* 1998, Valle *et al.* 2004, Gallardo *et al.* 2010), y por otra parte, la falta de información (De Young 1989), las características sociodemográficas como la edad, el sexo y el nivel de educación (Gamba y Oskamp 1994, Scott 1999), y el nivel de ingresos económicos (Owens *et al.* 2000, Purcell y Magette 2009).

Este trabajo tiene por objetivo aportar información sobre cómo influye el factor “ingresos económicos” y de qué forma, en el funcionamiento de los programas de recogida selectiva, para posteriormente establecer las medidas preventivas oportunas. Para ello se ha estudiado el caso particular de la ciudad de Castellón de la Plana (España).

### Descripción de la recogida selectiva en Castellón de la Plana

En esta ciudad existe un sistema de recogida selec-

tiva en el que los RU se separan en origen en cuatro fracciones: envases (de metal, plástico y cartones para bebida), papel-cartón, vidrio y resto (residuos de comida y otros).

La fracción de resto se recoge a nivel de acera en contenedores de 1100 litros y las otras fracciones se recogen a nivel de área de aportación (AA), en contenedores de 3200 litros, con un radio de acción medio de 100 metros.

El radio de acción es la distancia, en línea recta, más alejada del contenedor. En cada AA hay normalmente un contenedor de envases, papel-cartón y vidrio. En grandes áreas de la ciudad estas AA están formadas por una batería de tres contenedores enterrados, uno para cada tipo de residuo.

También existe la recogida específica de otros residuos como pilas, tubos fluorescentes, ropa, medicamentos, aceite usado y voluminoso, ya sea a nivel de acera, en establecimientos o en el ecoparque (también llamado punto limpio).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Determinación de la zona de estudio

Para el estudio de la distribución de la población por nivel de ingresos económicos, también llamado nivel de renta, se utilizaron los datos del último censo municipal, con fecha de 8 de octubre de 2010 (datos facilitados por el Ayuntamiento de Castellón). Éste divide la ciudad en nueve distritos, y cada distrito se subdivide en secciones, que tienen entre 1000 y 2000 habitantes.

El censo proporciona el número de personas que vive en cada sección, nivel de estudios, nacionalidad, etc., pero no da información sobre el nivel de ingresos económicos de las familias que habitan en las viviendas. En España no existen datos económicos publicados por distritos (ni por secciones), por lo que se optó por clasificar las secciones en función de las características de sus edificios.

Se realizó un trabajo de campo en el que se analizaron y clasificaron las secciones en aquellas con edificios formados por viviendas de precio medio-

alto (Zona 1), en las que la mayoría de la población tiene un nivel de ingresos medio-alto; secciones con edificios viejos de precio medio-bajo (Zona 2), en las que la población tiene un nivel de ingresos medio-bajo, y secciones mixtas (mezcla de edificios nuevos y viejos), este último grupo no tiene valor para el estudio. El número de habitantes en la Zona 1 es de 10935 y en la Zona 2 de 27227.

### Determinación de la tasa de recogida

Para determinar la tasa de recogida (volumen de residuos recogidos por habitante y día) fue indispensable la colaboración de la empresa que realiza la recogida de cada una de las fracciones a estudiar (envases, papel-cartón y vidrio). La empresa FCC, encargada de la recogida de las fracciones de envases y papel-cartón, colaboró y suministró toda su información. Se disponía así de las rutas de recogida que pasan por las dos zonas de estudio, pero la empresa no registra las pesadas de cada ruta, sino simplemente las globales. Por tanto, no se pudo discriminar entre las dos zonas de estudio y se tuvo que definir otra estrategia.

Se decidió estimar la tasa de recogida a partir del estudio del grado de llenado de los contenedores. Para ello se propuso hacer un seguimiento de los contenedores de envases, papel-cartón y vidrio. Se disponía de las rutas de recogida y de los horarios, por lo que se optó por anotar el grado de llenado de cada uno de los contenedores unas horas antes de ser vaciados.

Para determinar el tamaño de la muestra, es decir, el número de meses a muestrear, se utilizaron las fórmulas descritas por Bartlett *et al.* (2001) para datos continuos. La fórmula correspondiente se presenta en el ecuación 1.

$$n_0 = \left( \frac{tS}{e\bar{X}} \right)^2 \quad (1)$$

Donde  $t$  es el nivel de confianza que viene determinado por el valor de  $\alpha$ . Habitualmente se utiliza una confianza del 95% ( $\alpha = 0.05$ ), con lo cual  $t = 1.96$ .

$S$  es la desviación estándar.

$\bar{X}$  es la media, en este caso es el número medio de contenedores llenados al mes en cada AA, y

$e$  es el error aceptable para la media que se estima, se toma el 10 %.

Si el tamaño muestral resultante supera el 5 % del tamaño poblacional, debe utilizarse la fórmula del tamaño muestral corregida (Ecuación 2), Bartlett *et al.* (2001).

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2)$$

Donde  $N$  es el tamaño de la población.

Se determinó el tamaño de muestra a partir de la recogida selectiva de envases, ya que se disponía de datos previos obtenidos en una experiencia piloto realizada por el grupo de investigación. De dicho trabajo se tiene que  $S = 0.13$  y  $\bar{X} = 2.32$ , y aplicando la ecuación 1 se obtiene que  $n_0 = 1$ . Como  $n_0$  es mayor que el 5 % de 12 (12 meses del año), se aplica la ecuación 2. El resultado es que  $n = 1$ . Por tanto será necesario muestrear durante un mes.

Dado que la recogida se realiza con una frecuencia de dos veces por semana, se tomaron datos durante cuatro semanas consecutivas. Lo que consistió en ir punto por punto revisando todos los contenedores.

Una vez finalizado el periodo de toma de datos se procedió a su procesado y análisis. Para determinar la tasa de recogida, en volumen, en cada zona se disponía de la siguiente información: número de contenedores, su capacidad, número de habitantes y el periodo de muestreo. Con todo ello se puede calcular la tasa de recogida, en litros por habitante y día.

Para poder comparar entre las dos zonas se deben tomar aquellas AA con un mismo radio de acción. En este proceso se tuvieron que descartar los datos de vidrio, pues existían AA en las que no había contenedores de este material. Las AA comparables tienen un radio de acción de  $100 \pm 5$  m.

### Composición de los residuos

La siguiente etapa del estudio fue determinar la calidad de los residuos recogidos selectivamente en cada una de las dos zonas. Respecto a las fracciones de vidrio y papel-cartón, por referencia de las empresas que los procesan, el contenido en peso de impropios es muy bajo (entre 1-3 %). Por impropio se entiende el material no deseado en el contenedor y que no puede ser reciclado dentro del proceso industrial. Por ello, es de esperar que no haya diferencias significativas entre las zonas 1 y 2 y por esta razón, no se estudiaron estas fracciones. El estudio de composición se centró en la fracción de envases, que es más proclive a que contenga mayor porcentaje de impropios debido a la heterogeneidad de los materiales que se recogen conjuntamente y a la desinformación ciudadana sobre el tipo de residuo que debe depositarse en este contenedor, según Gallardo *et al.* (2010).

En este segundo caso también se utilizaron las ecuaciones 1 y 2 para determinar el número de

muestras necesarias. Se plantea determinar el número de puntos a muestrear para estimar el porcentaje de envases dentro del contenedor de envases. Se realiza la operación para la Zona 1 (con un total de 51 contenedores) y para la Zona 2 (con 32 contenedores). Los datos previos de media y desviación de la fracción de envases en el contenedor se han obtenido de la base de datos publicada por Ecoembes ([www.ecoembes.es](http://www.ecoembes.es)), donde aparecen datos referidos a la ciudad de Castellón. A partir de la ecuación 1, y tomando  $t = 1.96$ ,  $e = 0.05$ ,  $S = 5.99$  y  $\bar{X} = 87.57$  (porcentaje de envases en el contenedor de envases) se obtiene que  $n_o = 7$ . Para la Zona 1, con  $N = 51$  contenedores,  $n_o$  es superior al 5% de  $N$ , por tanto se aplica la ecuación 2. El resultado es que  $n = 6$ . Por tanto, hay que tomar muestra en un mínimo de seis contenedores. En la Zona 2, con  $N = 32$ , sucede lo mismo y  $n = 6$ .

Finalmente se necesita conocer la cantidad de residuos que es necesario caracterizar en cada zona. Para ello se vuelven a aplicar las fórmulas descritas por Bartlett *et al.* (2001). En este caso  $N$  es la cantidad de residuos que se recogen en un itinerario. Tanto para la Zona 1 (donde  $N = 638$  kg) como para la Zona 2 (donde  $N = 1589$  kg), la cantidad necesaria es de al menos 7.19 kg, la cual se extraerá de forma distribuida de al menos seis contenedores.

Posteriormente se procedió a determinar la composición, se hicieron dos muestreos en una semana en cada una de las dos zonas. En la Zona 1 se tomaron muestras martes y jueves por la mañana, tomando 18 y 22 kg respectivamente en 12 puntos cada día. En la Zona 2 se procedió del mismo modo, se muestrearon los mismos días por la tarde y se tomaron 21 y 24 kg en 12 puntos de muestreo. En la caracterización se determinaron los porcentajes, en peso, de envases de metal, plástico, cartones para bebida e impropios. La fracción de impropios está compuesta por aquellos materiales que no deberían estar en el contenedor de envases (textil, cartón, madera, restos de comida, etc.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la determinación

**CUADRO I.** TASA DE RECOGIDA (l/hab.d)

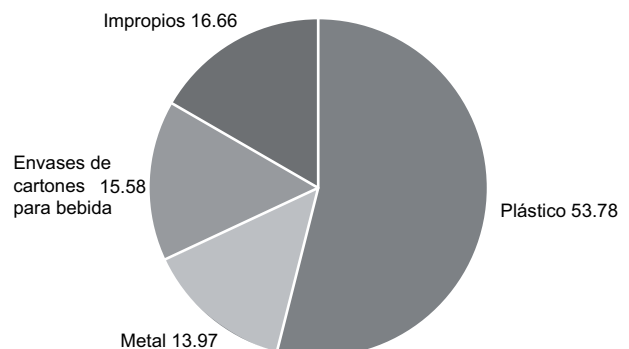
	Volumen de papel-cartón/hab.d (litros)	Volumen de envases/hab.d (litros)
Zona 1	6.4	7.1
Zona 2	1.8	2.2

de la tasa de recogida se presentan en el **cuadro I**. Observando la tabla es de destacar que en la Zona 2 las tasas de recogida son mucho menores que en la Zona 1. Tras el análisis de los resultados se puede decir que, a priori, en la zona de renta media-baja la tasa de recogida es bastante menor. En la recogida del contenedor de papel-cartón, en la Zona 1 la tasa es de 6.4 l/hab.d, mientras que en la Zona 2 es de 1.8 l/hab.d. En la recogida de envases el comportamiento es similar, en la Zona 1 la tasa de recogida es de 7.1 l/hab.d, en la Zona 2 es de 2.2 l/hab.d. Resulta destacable que dentro de la misma zona, ambos residuos presentan tasas con valores similares.

Sin embargo, existen otros factores como el porcentaje de extranjeros (Howenstine 1993) o el grado de información ambiental (De Young 1989) que no se han tenido en cuenta a la hora de dividir la zona de estudio. Se deja como futuro trabajo la determinación de su influencia en los resultados de la tasa de recogida.

Respecto a la composición de los residuos depositados en el contenedor de envases, los resultados obtenidos se presentan en las **figuras 1 y 2**. A la vista de los resultados del análisis de la composición, se puede afirmar que en ambas zonas existe un porcentaje muy similar de impropios ya que se diferencian en un punto porcentual. Mientras en la Zona 1, con nivel de ingresos económicos medio-alto, es del 16.66%, en la Zona 2 es del 17.77%. Se puede decir que la diferencia de impropios entre la Zona 1 y la Zona 2 no es estadísticamente significativa, por lo que se deduce que los ciudadanos de ambas zonas que colaboran, tienen el mismo grado de información sobre el funcionamiento del sistema de recogida selectiva.

Por otro lado, la cantidad de impropios es muy baja si se compara con la media de las ciudades españolas que se sitúa en el 24 % (Gallardo *et al.* 2010). Esto indica que los ciudadanos de Castellón



**Fig 1.** Composición zona 1 (renta media-alta)

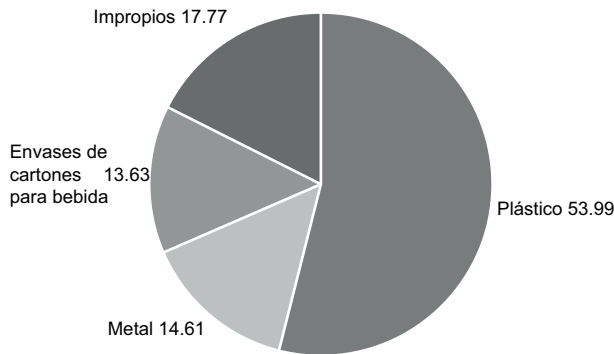


Fig 2. Composición zona 2 (renta media-baja)

conocen mejor los tipos de residuos que hay que depositar en el contenedor de envases. Y en cuanto a la composición de esta fracción de impropios, cabe destacar que el porcentaje de materia orgánica en la Zona 2 (32.25 %) es muy superior al de la Zona 1

CUADRO II. COMPOSICIÓN DE LA FRACCIÓN DE IMPROPIOS DEL CONTENEDOR DE ENVASES

MATERIAL	IMPROPIOS Zona 1 (%)		IMPROPIOS Zona 2 (%)	
	absoluto	relativo	absoluto	relativo
Cartón	2.47	14.84	2.60	14.66
Goma y cuero	0.31	1.89	0.03	0.17
Inertes	0	0	0.52	2.93
Juguetes	0	0	0	0
Madera	0	0	0	0
Materia orgánica	3.16	18.98	5.73	32.25
Papel	3.48	20.87	3.06	17.21
Residuos peligrosos	2.22	13.34	1.68	9.43
Textil y calzado	0.11	0.66	0.44	2.46
Vidrio	1.91	11.48	2.06	11.60
Otros	2.99	17.94	1.65	9.30
TOTAL	16.66	100	17.77	100

(18.98 %), como se refleja en el cuadro II.

También se pudo observar que la composición global de los envases es parecida en ambas zonas, como se representa en las figuras 1 y 2. De ello se puede deducir que en las dos áreas estudiadas, la generación de envases de plástico, metal y cartones para bebida es muy similar, siendo la fracción de envases de plástico la mayoritaria (65 %).

### CONCLUSIONES

Las tasas de recogida para las fracciones de envases y papel-cartón han sido superiores en la Zona

1 respecto a la Zona 2. Sin embargo, la influencia del nivel de ingresos económicos no puede ser del todo concluyente ya que se detectó que existen otros factores, como población extranjera y grado de información ambiental, que pueden influir.

Respecto a la composición del contenedor de envases, se concluye que en ambas zonas el porcentaje de los diferentes envases (plástico, metal y cartones para bebida) es muy parecido entre sí, por lo que se deduce que los ciudadanos que colaboran en las dos áreas de estudio, tienen un grado de información similar sobre el funcionamiento del sistema de recogida selectiva. En cuanto a la composición de los impropios, existen diferencias significativas en el porcentaje de la materia orgánica.

### AGRADECIMIENTOS

Al Ayuntamiento de Castellón (Sección Infraestructuras, Servicios Públicos y Medio Ambiente) y a la empresa FCC, por la información aportada.

### REFERENCIAS

- Bartlett J. E., Kotrlik J. W. y Higgins C. C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey researches. *Inform. Technol. Learn. Perform. J.* 19, 43-50.
- De Young R. (1989). Exploring the differences between recyclers and non-recyclers: The role of information. *J. Environ. Syst.* 18, 341-351.
- Franco J. y Huerta E. (1996). Determinantes de la participación ciudadana en programas de reciclaje de residuos sólidos urbanos. *Investigaciones Económicas* 20, 271-280.
- Gallardo A., Bovea M.D., Colomer F.J., Prades M. y Carlos M. (2010). Comparison of different collection systems for sorted household waste in Spain. *Waste Manage.* 33, 2430-2439.
- Gamba R. y Oskamp S. (1994). Factors influencing community residents participation in commingled curbside recycling programs. *Environ. Behav.* 26, 587-612.
- Howenstine E. (1993). Market segmentation for recycling. *Environ. Behav.* 25, 86-102.
- Ludwig T., Gray T. y Rowell A. (1998). Increasing recycling in academic buildings: A systematic replication. *J. Appl. Behav. Anal.* 31, 683-686.
- Owens J., Dickerson S. y Macintosh D.L. (2000). Demographic Covariates of Residential Recycling Efficiency. *Environ. Behav.* 32, 637-650.
- Purcell M. y Magette W.L. (2009). Prediction of house-

- hold and commercial BMW generation according to socio-economic and other factors for the Dublin region. *Waste Manage.* 29, 1237-1250.
- Scott D. (1999). Equal opportunity, unequal results. *Environ. Behav.* 31, 267-290.
- Valle P., Reis E., Menezes J. y Rebelo E. (2004). Behavioral determinants of household recycling participation: the Portuguese case. *Environ. Behav.* 36, 505-540.
- Vinning J. y Ebreo A. (1990). An evaluation of the public response to a community recycling education program. *Soc. Natur. Resour.* 2, 23-36.