



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Análisis de resultados de la recogida selectiva de P/C en el Ayto. de Madrid por distritos, y su relación con aspectos socio-económicos-culturales-poblacionales-urbanísticos

Autor: Rocío Torrejón Gómez

Institución: Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: rociotorrejon@gmail.com

Otros Autores: A. Fernando. (Dept. de ingeniería forestal, UPM.) aida.fdefuentes@alumnos.upm.es; J.V. López. (Dept. de ingeniería forestal, UPM.) jv.lopez@upm.es; M. Aguilar. (Dept. de ingeniería forestal, UPM.) Miguel.aguilarlarrucea@upm.es; M.P. Arraiza. (Dept. de ingeniería forestal, UPM.) paz.arraiza@upm.es

RESUMEN

El Municipio de Madrid se divide en veintidós distritos y los datos de recogida selectiva de Papel-Cartón demuestran que existen grandes diferencias en el valor del Papel-Cartón (P/C) recogido por habitante en cada distrito, y por tanto, muestran una desigual implicación de sus ciudadanos. Existen un gran número de variables que condicionan la recogida selectiva de P/C de cada distrito y que son la causa de estas diferencias de comportamiento. Este estudio analiza aquellas variables y condiciones que se refieren a aspectos socioeconómicos de la población y que pueden influir en la participación de la recogida selectiva de P/C. De este modo, basándose en estudios anteriores sobre aspectos que influyen en la recogida selectiva, se propone, a partir de una serie de variables relacionadas con el nivel sociocultural y económico, analizar cuáles de éstas afectan en mayor medida en la recogida selectiva de P/C. A partir de estas variables seleccionadas se propone un modelo de predicción de la recogida selectiva de P/C por habitante que puede ser aplicable a otras zonas y municipios de España.

Palabras Clave: Papel y cartón, gestión de residuos, parámetros socioeconómicos, reciclaje, análisis estadístico.

1.- Introducción

Existe un gran número de variables que marcan los hábitos y pautas que determinan la recogida selectiva de P/C de cada distrito y son la causa de estas diferencias significativas en la cantidad de papel recogido.

Este estudio analiza aquellas variables y condiciones que se refieren a aspectos socioeconómicos de la población y que pueden influir en la participación de la recogida selectiva de P/C. A partir de una serie de variables relacionadas con el nivel sociocultural y económico, con aspectos relacionados con la vivienda y la contenerización del municipio, analizar cuáles de éstas afectan en mayor medida en la recogida selectiva de P/C. A partir de estas variables seleccionadas se propone un modelo de predicción de la recogida selectiva de P/C por habitante que pueda ser aplicable a otras zonas y municipios de España.

El análisis objeto de este estudio se va a realizar sobre el P/C recogido en el contenedor específico azul, sin considerar el P/C recogido en el puerta a puerta en comercios.

2.-Antecedentes y bases de estudio.

La gestión actual de los residuos reciclables depende casi exclusivamente de las políticas oficiales y de los planes de gestión de residuos. Sin embargo, estas políticas no tienen en consideración los aspectos técnicos de optimización y eficiencia en la recogida.

En este sentido son ya muchas las experiencias realizadas en diversos campos: hay tendencias encaminadas a la reubicación de los contenedores en función de parámetros socioeconómicos, como lo son para el caso del vidrio (Gonzalez-Torre & Adenso-Díaz, 2005) o para el P/C (Bach et al, 2003, 2004), sobre estas referencias giran los estudios que relacionan distancias del contenedor respecto al usuario y tiempo que tarda el productor en dejar sus residuos desde su hogar. Otras tendencias se dirigen hacia la gestión integrada territorial de los residuos reciclables, como las experiencias llevadas a cabo en Sussex, UK (Woodard, et al, 2004); Londres (Robinson & Read, 2005); Lancashire (Willians & Taylor, 2004), por poner unos ejemplos recientes. Ambas tendencias: la socioeconómica y la territorial, dan soluciones aceptables para la gestión integrada de los residuos domésticos, incluso estudiando los costes de recogida (Hummel, 2001) y aspectos relacionados con la participación ciudadana y educación ambiental (Miller, 1999; Molones, 2002; Perrin & Barton, 2001; Read, 1999).

Sin embargo, cabe destacar otros trabajos de referencia más generales, que nos dan idea de la problemática en otros países y deducir posibles soluciones a través de sus experiencias.

Se ha estudiado la recogida de residuos en un distrito de la ciudad de Bangladesh (Sujauddin et al, 2007) según el estatus, tamaño, edad, trabajo y educación de la familia.

Por otra parte, se estudió como variables que afectan a la generación de residuos en la ciudad de Shanghai (Gousheng y Jianguo, 2006), el consumo de gas, agua y

electricidad. La conclusión de éste fue que el consumo de gas por habitante es el factor más influyente en la generación de residuos.

También se ha estudiado la producción de residuos peligrosos en dos regiones: Sur de Estados Unidos y México (Buenrostro, et al, 2006). Ambas zonas con grandes diferencias económicas y sociales entre sí. La conclusión fue que la generación de residuos peligrosos es inversamente proporcional a la renta. Además la generación de estos residuos depende de otras variables: Clima, época del año, educación, publicidad e inmigración.

Se han propuesto una serie de modelos de sistemas dinámicos de crecimiento de la generación de residuos para zonas urbanas en expansión. El estudio se realizó para una zona de crecimiento urbano en Estados Unidos, Ciudad de San Antonio, Texas (Dyson y Chang, 2004).

También se han analizado los aspectos socioeconómicos que afectaban al reciclaje de residuos sólidos (Pimenteira, et al, 2004). Además se analizó la relación que existía entre la producción de residuos y el consumo de gas y electricidad. Muestra que la generación de residuos está en relación con el consumo de energía.

Se estudió si la efectividad de la separación de basuras dependía del sistema de recogida de ésta (Alvarez et al, 2007). El resultado del estudio fue que el sistema puerta a puerta es el que más recoge. Por otra parte se observa que si aumenta el nivel económico, aumenta la recogida selectiva, y que si aumenta la densidad de población, disminuye la recogida selectiva.

3.-Objetivo

Determinar qué aspectos socioeconómicos influyen y en qué medida en la recogida selectiva de P/C por distrito en la ciudad de Madrid.

4.-Metodología

Para determinadas las variables que más influyen en la recogida selectiva de P/C en el Municipio de Madrid, y crear un modelo para predecir la misma, se han de seguir los siguientes pasos:

1º Diseño del análisis.

2º Estudios de las variables.

- a) Estudio de correlaciones entre variables
- b) Estudio de comparación de variables.

3º Creación de la matriz de variables para el estudio de regresión simple.

4º Estudio de regresión múltiple.

4.1 Diseño del análisis.

4.1.1. Elección de la muestra.

Se parte de una muestra muy heterogénea, bien definida y de un tamaño determinado: El número de distritos de Madrid.

Se descarta para la deducción del modelo la presencia del distrito de Barajas, por contar con datos atípicos como son la localización del aeropuerto y la presencia de cinco polígonos industriales.

4.1.2. Descripción de las variables

4.1.2.1. Variable dependiente (y).

“Kilogramos de P/C recogido al año por habitante en los contenedores azules”.

Se tiene el dato de P/C recogido en el periodo Enero- Octubre 2007.

4.1.2.2. Variables independientes.

La elección de variables se deduce atendiendo a aspectos socioeconómicos, aspectos de la generación y de la contenerización y de la vivienda, como se puede observar en la tabla 1.

4.2. Análisis estadístico

Para el estudio de las relaciones entre la recogida de P/C y los aspectos socioeconómicos del Municipio de Madrid se va a diseñar un modelo de regresión múltiple. Previo a éste será preciso el estudio de las correlaciones entre las distintas variables.

Se estudiarán las correlaciones entre variables independientes y entre variable dependiente y variables independientes.

4.2.1. Estudio de las correlaciones

Se calculan las correlaciones r lineales entre variables. Los P valores con valor inferior a 0,05 indican una relación lineal con una confianza del 95%.

4.2.1.1. Correlaciones entre variables independientes

Se estudian todas las correlaciones que puedan existir entre las variables independientes comparadas dos a dos, para ello se hacen parejas de variables dentro de un mismo grupo, y parejas de variables entre grupos. Se apuntarán para las conclusiones los coeficientes de correlación cuando sean mayores de 0,9, lo cual indicará que dos

variables están relacionadas linealmente. También son importantes las correlaciones próximas a -1, inferiores a -0,9, que indicarán una linealidad negativa de dos variables.

4.2.1.2. Análisis por comparación de variables

Algunas de las variables seleccionadas para el diseño del modelo no son del todo significativas. La eliminación de éstas del modelo se hará por comparación de datos.

4.2.1.3. Creación de la nueva matriz

Antes de calcular las correlaciones entre variables independientes y la variable dependiente, se han eliminado las siguientes variables que por su correlación no son necesarias:

(i) X_{183} , (ii) X_{13} , (iii) X_{18} , (iv) X_{16} , (v) X_{17} , (vi) X_{31} , (vii) X_{22} , (viii) X_{12} , (ix) X_{23} , (x) X_{25} , (xi) X_{24} , (xii) X_{181} , (xiii) X_{182} .

4.2.1.4. Correlaciones entre variable independiente y la variable dependiente

Se estudian las correlaciones entre las variables independientes y la variable dependiente, dos a dos. Se hacen tres nuevos grupos de correlación: Cada uno de los grupos de variables comparados con la variable dependiente. Solo se comparan las variables independientes que no han sido eliminadas.

4.2.1.5. Elección de variables del modelo

Por comparación de variables se descarta: (i) X_{23} , (ii) X_{24} , (iii) X_{12} , (iv) X_{25} , (v) X_{31} , (vi) X_{32} .

Para el análisis de la regresión múltiple se considerarán las siguientes variables: (i) X_{11} , (ii) X_{14} , (iii) X_{15} , (iv) X_{26} , (v) X_{21} .

4.2.2. Análisis de regresión múltiple

El objetivo de realizar un análisis de regresión múltiple es el de encontrar un modelo que explique con la mayor precisión posible la realidad. Para el estudio de los resultados del análisis se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- P-Valor del Análisis de la Varianza: deberá ser próximo a 0, lo conveniente sería que su valor fuera inferior a 0,05.

- R-Cuadrado: porcentaje que indica que el modelo explica ese valor de la variabilidad en Kg. P/C 2005 del cubo/hab.

- R-Cuadrado ajustado: estadístico para comparar modelos con diferente número de variables independientes. Al igual que el anterior se obtiene en valor sobre 100.

- Error estándar de la estimación: muestra la desviación típica de los residuos, debe ser lo más próxima a cero posible.
- El error absoluto medio (MAE): valor medio de los residuos.
- El estadístico Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se han introducido los datos en el fichero. Su p-valor, al contrario que el resto de p-valores debe ser superior que 0.05, próximo a uno.
- La tabla de residuos atípicos: lista todas las observaciones que tienen residuos estudentizados superiores a 2.0 en valor absoluto. Los residuos estudentizados miden cuánta desviación típica de cada valor observado de kg. P/C 2006 del cubo/Hab. se desvía del modelo de ajuste, utilizando todos los datos excepto esa observación. Para ajustar el modelo es conveniente eliminar aquéllos superiores a 3.0.

4.2.2.1. Modelos

Para el análisis de la regresión múltiple se considerarán las siguientes variables: (i) X_{11} , (ii) X_{14} , (iii) X_{15} , (iv) X_{26} , (v) X_{21} .

Para el diseño del modelo se creará un modelo 1 con todas las variables seleccionadas, se irán eliminando variables según el P-Valor que generen hasta conseguir un modelo fiable. Para ello se debe conseguir un estadístico R-cuadrado, que explica la variabilidad en kg. P/C 2006 del contenedor/hab., alcance un valor del 95%.

Modelo 1

Para el cálculo de éste modelo se han utilizado las cinco variables seleccionadas anteriormente. Como muestra se ha utilizado los distritos de Madrid, excluyendo el distrito Barajas por lo anteriormente expuesto.

Los resultados del Análisis de Regresión Múltiple se puede observar en la tabla 2 que se expone a continuación.

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre Kg. P/C 2006 del contenedor /hab. y 5 variables independientes.

Estudiando los resultados de puntos influyentes del modelo, se observa que el distrito Moncloa, presenta una influencia superior a 3 veces la del punto medio, además de un valor extraordinariamente grande de DFITS. DFITS es un estadístico que mide cuánto cambiarían los coeficientes estimados si cada observación se sustrajera del conjunto de datos. Esto se debe a que los valores de las variables “Distancia media al contenedor”, “Renta sobre 100” y “Densidad de población” para este distrito están muy alejadas de la media de los valores de cada una de estas variables, como se muestra en la tabla 3.

Por ello, para el ajuste del modelo 1 se elimina el distrito de Moncloa, obteniéndose el modelo 2.

Modelo 2

Este modelo es igual al modelo anterior pero en él se ha eliminado el distrito Moncloa, por su alto valor de DFITS. Los resultados de éste son:

La salida muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre kg. P/C 2006 del contenedor/hab. y 5 variables independientes. **La ecuación del modelo ajustado es:**

$$y = 22,9853 + 0,0495188 \cdot x_{11} + 0,141343 \cdot x_{14} - 0,453116 \cdot x_{15} - 0,131637 \cdot x_{21} + 0,278267 \cdot x_{26}$$

5.Resultado.

El modelo 2 tiene un valor de R-cuadrado mayor que el del modelo 1, siendo este estadístico el más conveniente para comparar modelos con diferentes números de variables independientes. Además, el resto de indicadores del Modelo 2 presentan mejores valores, como se muestra en la tabla 5.

Además este modelo no presenta residuos atípicos ni ningún punto superior a la influencia media.

Por ello se elige el **modelo 2**, en el que las variables que definen su ecuación son (Tabla 6)

La ecuación que define el modelo es:

$$y = 22,9853 + 0,0495188 \cdot x_{11} + 0,141343 \cdot x_{14} - 0,453116 \cdot x_{15} - 0,131637 \cdot x_{21} + 0,278267 \cdot x_{26}$$

Estas variables no son las únicas que influyen sobre la variable dependiente, ya que están correlacionadas con las otras que no entran en el modelo y que se deberán tener en cuenta en las conclusiones.

6.Conclusiones

Los aspectos socioeconómicos por orden de importancia que en mayor medida influyen en la recogida selectiva de P/C por distrito en la ciudad de Madrid, según los resultados del modelo, se muestran en la tabla 7.

Que estas cinco variables definan el modelo no quiere decir que éstas sean las únicas que influyen sobre la variable dependiente, ya que están correlacionadas con otras que no entran en el modelo. Según esto, basándose en los errores estándar y las correlaciones entre variables, se crea la Tabla 8; Tabla de variables correlacionadas con las variables seleccionadas para el modelo.

Acerca de las variables del modelo se puede concluir:

1.- Inmigración:

El modelo concluye que al aumentar el porcentaje de población extranjera disminuye la cantidad de P/C recogida. Además, la variable “% de población en paro” es una de las variables ligadas a la renta y a la población extranjera, por lo que en este estudio no se podrá concluir que la población extranjera no esté concienciada o no separe, ya que esto puede deberse a su situación económica.

2.- Influencia del comercio

Se observa que al aumentar el porcentaje de comercios aumenta también la cantidad de P/C recogido en el contenedor. Existen dos motivos por lo esto es así:

- Parte del P/C producido en los comercios es recogido en el contenedor azul, ya que el servicio puerta a puerta no atiende a toda la ciudad de Madrid.
- Los distritos en los que el comercio es mayor son aquellos que mayor renta poseen, de este modo, no se puede valorar en qué medida el aumento de recogida de P/C se debe a los aspectos referidos a la renta y en qué medida se deben al comercio.

3.- Renta sobre el promedio: aspectos relacionados con la renta.

Según muestra la correlación entre esta variable y la variable en estudio, los distritos en los que se recogen más kg. de P/C por habitante son aquellos que mayor renta poseen.

Evidentemente no es exactamente la renta lo que hace que exista la desigualdad de participación en el reciclaje, sino todo aquello a lo que esta está ligada, como muestran las variables correlacionadas con la renta:

- En la tabla 8 de correlaciones, se demuestra que el nivel cultural influye positivamente en la recogida de P/C, pero evidentemente el nivel cultural alto está ligado a la situación económica.

- El tamaño de la vivienda está ligado también a la renta. A mayor superficie de vivienda se separa más, como afirmaban los resultados de la encuesta “Estudio base sobre hábitos y actitudes ante el reciclaje y la separación de residuos en el hogar – Madrid” (2006). Ya que uno de los motivos de la población para no separar es el de tener poco espacio en su vivienda.

- Las correlaciones muestran que en los distritos donde existe un mayor porcentaje de población con cubo resto, la cantidad de P/C recogida es mayor. Pero también se muestra que solo los distritos con un nivel económico alto poseen este sistema de recogida. Por otra parte, los datos del P/C en fracción de RSU y EELL demuestran que no se está recogiendo todo lo que se podría en estos distritos. De este modo, se concluye

que su elevada recogida no se deberá al sistema de recogida sino a otros factores como el comercio o un mayor consumo, como se demostró anteriormente.

- Otra de las variables ligada a la renta es la inmigración. Según el estudio la población extranjera recicla menos. No necesariamente se debe a que no estén concienciados, -lo que no se puede averiguar en este estudio-, sino que puede deberse a aspectos relacionados con su nivel económico, como su nivel cultural, el tamaño de la vivienda o el paro.

- Por último, el porcentaje de la población en paro también está correlacionado con la variable en estudio, pero éste está en función de la renta sobre 100. El aumento de población en paro implica una disminución del P/C recogido.

4.- Densidad de población y distancia al contenedor:

Según muestran las correlaciones, la cantidad de P/C recogido en el contenedor azul aumenta al hacerlo la densidad de población y disminuye al aumentar la distancia al contenedor.

Para la distribución de los contenedores se tienen en cuenta dos factores, la distancia al contenedor por habitante y el número de habitantes por contenedor. Es fácil entender que en las zonas de menor densidad, la distancia al contenedor aumenta, y al revés, al aumentar la densidad de población la distancia al contenedor disminuya.

7.- Bibliografía

- Ayuntamiento de Madrid. (2006). "Estudio base sobre hábitos y actitudes ante el reciclaje y la separación de residuos en el hogar – Madrid" (2006).

-Mohammad Sujauddin, S.M.S. Huda, A.T.M. Rafiqul Hoque (2007): "Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh". Institute of Forestry and Environmental Sciences, Chittagong University, Bangladesh. Laboratory of Ecology and Systematics (Plant Ecophysiology Section), Faculty of Science, Biology Division, University of the Ryukyus, Okinawa Japan.

-Gousheng Liu, Jianguo Yu (2006): "Gray correlation analysis and prediction models of living refuse generation in Shanghai city". Applied Chemistry Department, Jiangxi Science and Technology Normal University, Jiangxi Province, PR China. College of Resource and Environmental Engineering, East China University of Science and Technology, PR China.

-Otoniel Buenrostro Delgado, Sara Ojeda-Benítez b, Liliana Márquez-Benavides (2006): "Comparative analysis of hazardous household waste in two Mexican regions". Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA)/Research Centre for Natural Resources Studies, Universidad Michoacana.

-Brian Dyson, Ni-Bin Chang (2004): "Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modelling". Department of Environmental Engineering, Texas A&M University-Kingsville, USA.

-C.A.P. Pimenteira, L.G.T. Carpio, L.P. Rosa a,b, M.T. Tolmansquim (2004): "Solid wastes integrated management in Rio de Janeiro: input-output analysis".

International Virtual Institute of Global Change, Centro de Tecnologia; Rio de Janeiro, Brazil. Energy Planning Program/Post-Graduate Engineering Program Coordination (COPPE), Federal University of Rio de Janeiro, Brazil.

-M.D. Alvarez a, R. Sans, N. Garrido, A. Torres (2007): "Factors that affect the quality of the bio-waste fraction of selectively collected solid waste in Catalonia"

Chemical Engineering Department, EUETIT, Technical University of Catalonia (UPC), , Barcelona, Spain. Textile and Paper Engineering Department, EUETIT, Technical University of Catalonia (UPC) Barcelona, Spain.

-G. J. Dennison, V.A. Dodda, B. Whelanb (1995): "A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland". Department of Agricultural and Food Engineering, University College Dublin, Belfield, Dublin , Ireland. Economic and Social Research Institute, Dublin , Ireland.

-Victor Corral-Verdugo (2002): "Situational and personal determinants of waste control practices in northern Mexico: a study of reuse and recycling behaviours"Department of Psychology, University of Sonora, Sonora, Mexico.

-Robin Flowerdew: "Methodological problems in the generation of household waste statistics an analysis of the United Kingdom's National Household Waste Analysis Programme Julian P. Parfitt". Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia,UK. North West Regional Research Laboratory, Department of Geography, Lancaster University, Lancaster, UK.

-M. Grodzinska-Jurczak, P. Tomal , M. Tarabula-Fiertak, K. Nieszporek, A.D (2004): "Effects of an educational campaign on public environmental attitudes and behaviour in Poland". Environmental Education Team, Institute of Environmental Sciences, Jagiellonian University, Poland Hyder Consulting Ltd., Aston Cross, Rocky Lane, Aston, UK.

-Pilar L. González-Torrea, B. Adenso-Díaz, Alex Ruiz-Torresb (2003): "Some comparative factors regarding recycling collection systems in regions of the USA and Europe". Industrial Engineering School, Universidad de Oviedo, Campus de Viesques, Gijón, Spain. Industrial Engineering Department, Polytechnic University of Puerto Rico, P.O. Puerto Rico.

-Beatriz Junquera, Jesús Ángel del Brío, Marcos Muñiz (2001): "Citizens' attitude to reuse of municipal solid waste: a practical application". Universidad de Oviedo, Facultad de

Ciencias Económicas y Empresariales. Oviedo, Asturias, Spain. Universidad de Oviedo, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industria, Asturias, Spain.

-Georgina Davis, Paul S. Phillips, Adam D. Read, Yuki Iida (2005): "Demonstrating the need for the development of internal research capacity: Understanding recycling participation using the Theory of Planned Behaviour in West Oxfordshire, UK". Water and Environmental Research Centre, University of Bristol, UK. SITA Centre, University College Northampton, Park Campus, UK

University of Oxford, Wellington Square, UK.

-E. Metin, A. Erozturk, C. Neyim (2003): "Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey". CEMEVKO, Environmental Protection and Packaging Waste Recovery & Recycling, Turkey.

Webs consultadas:

-Ecoembalajes España S.A. (ECOEMBES). (2008) [en línea]:

<<http://www.ecoembes.com>> (Consulta Enero 2008).

-Ayuntamiento de Madrid. Información Estadística. (2007) [en línea]:
<<http://www.munimadrid.es>> (Consulta Noviembre 2007).

-Statgraphics. (2008) [en línea]:

<<http://www.statgraphics.com>> (Consulta Noviembre 2007).

REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española [En línea]. 22ª Ed. Madrid: Real Academia de la Lengua Española, 2003.

< <http://buscon.rae.es/diccionario/drae.htm> > (Consulta: febrero 2008).