

**RECOGIDA SELECTIVA Y FACTORES DETERMINANTES DE LA EFICIENCIA DEL  
SERVICIO DE RECOGIDA DE RESIDUOS EN ESPAÑA.**

**60F**

**Autores:** Cristina María Campos-Alba<sup>a</sup>; Juan Carlos Garrido-Rodríguez<sup>b</sup>; Ana María Plata-Díaz<sup>c</sup>; Gemma Pérez-López<sup>d</sup>; José Luis Zafra-Gómez<sup>e</sup>

**Afiliación:**

<sup>a</sup> Profesora Ayudante Doctora, Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Granada; Campus de Melilla. C/ Santander, 1, 52005, Melilla (España). Email:

<sup>b</sup> Profesor Ayudante Doctor, Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Granada; Campus de Melilla. C/ Santander, 1, 52005, Melilla (España). Email:

<sup>c</sup> Profesora Ayudante Doctora, Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Granada; Campus Universitario de La Cartuja, 18071, Granada (España).

<sup>d</sup> Profesora Titular de Universidad, Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Granada; Campus Universitario de La Cartuja, 18071, Granada (España).

<sup>e</sup> Profesor Catedrático de Universidad, Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Granada; Campus Universitario de La Cartuja, 18071, Granada (España).

**Área temática:** Sector Público.

**Palabras clave:** Eficiencia, servicio de recogida de residuos, recogida selectiva, formas de gestión

## **Recogida selectiva y factores determinantes de la eficiencia del servicio de recogida de residuos en España.**

### **Resumen**

El presente trabajo analiza la eficiencia del servicio de recogida de residuos para una muestra de 283 municipios españoles durante 2005-2015. Para ello, se aplica un análisis en dos etapas, combinando fronteras orden-m con datos de panel y la *bootstrapped truncated regression*, incluyendo, como novedad, la descomposición del output por tipo de residuo y analizando si la recogida selectiva afecta a la eficiencia. Los resultados demuestran que la recogida selectiva incrementa la eficiencia del servicio, así como otros factores de carácter político y socioeconómico y formas de gestión.

### **1. Introducción**

Las administraciones públicas se han visto en los últimos años obligadas a llevar a cabo importantes cambios en sus políticas medioambientales como consecuencia de un preocupante crecimiento de la generación de residuos (Guerrini et al., 2017), arrastrando con ello a la gestión del servicio de recogida de residuos a nivel municipal, que juega un importante papel para la salud y la protección del medio ambiente (Abarca-Guerrero et al., 2013; Romano y Molinos-Senante, 2020). Los constantes cambios a los que se ha enfrentado el servicio junto con la complejidad que supone su prestación han provocado una mayor preocupación por los costes derivados del mismo. Dentro de las administraciones locales, el servicio de residuos es uno de los que mayor cantidad de recursos requiere para su prestación (Bel y Mur, 2009; Benito-López et al., 2011; Dijkgraaf y Gradus, 2013), por lo que la búsqueda de la eficiencia ha sido un objetivo fundamental para los gestores públicos.

En este contexto, el estudio de la eficiencia del servicio ha cobrado especial interés (Benito-López et al., 2011; Pérez-López et al., 2016; Romano y Molinos-Senante, 2020) así como, el análisis de los factores que pueden influir en el coste y, por tanto, en la eficiencia del servicio (Bel y Fageda, 2010; Bel et al., 2014; Simões y Marques, 2012a). En este sentido, la forma de gestión a través de la cual es prestado el servicio ha adquirido especial relevancia, siendo la gestión directa y la privatización las que mayor atención han recibido tradicionalmente (Simões y Marques, 2012). Sin embargo, la falta de resultados concluyentes en relación con la eficiencia (Campos-Alba et al., 2020), ha provocado que nuevos modelos de gestión, como la gestión mixta o la cooperación, hayan proliferado en este campo como respuesta a esta búsqueda de eficiencia, ya que se les presuponen ventajas como la generación de economías de escala (Andrews y Entwistle, 2015). Este nuevo panorama

supone la necesidad de seguir profundizando en el estudio de la influencia de las formas de gestión en la eficiencia del servicio.

Por otro lado, las nuevas directrices impuestas por la Unión Europea destinadas al aumento del reciclaje han obligado a llevar a cabo importantes cambios (Ferreira et al., 2017), como la recogida selectiva de los residuos, que afectan al coste del servicio (Callan y Thomas, 2001). No obstante, la recogida selectiva de los residuos no ha llegado a implantarse de igual manera en todos los municipios (Expósito y Velasco, 2018), por lo que resulta imprescindible identificar este factor como una variable explicativa de la eficiencia alcanzada en el servicio, aspecto que, hasta donde nuestro conocimiento alcanza solamente ha sido incluido por la literatura previa en el estudio de la generación del coste pero no, de la eficiencia (Greco et al., 2015; Chifari et al., 2017; Fernández-Araceli et al., 2018).

Además, se ha demostrado que existen diferencias entre el comportamiento de hombres y mujeres hacia el reciclaje (Ekere et al., 2009; Sidique et al., 2010), por lo que dichas diferencias podrían trasladarse a la eficiencia del servicio de recogida de residuos, aspecto que ha recibido escasa atención, y que puede afectar tanto al nivel de residuos selectivos recogidos como a la gestión del servicio por parte de responsables públicos. Por otro lado, según el estudio de Hernández-Nicolás et al (2018) la presencia de mujeres en la política puede mejorar la situación económica de los ayuntamientos, lo que contribuye al debate de la eficiencia municipal y la importancia de la cuestión de género en la gestión pública.

Con todo ello, este trabajo trata de analizar la eficiencia en costes del servicio de recogida de residuos, realizando una distinción por tipo de residuo recogido (no selectiva, papel, vidrio, plástico, orgánica y baterías), lo que supone una innovación con respecto a estudios previos que calculan la eficiencia considerando únicamente un sólo output, para posteriormente analizar el efecto que las diferentes formas de gestión, la recogida selectiva de residuos y otras variables políticas y socioeconómicas tienen sobre la eficiencia del servicio (Bel et al., 2010; Zafra-Gómez et al., 2016; Halkos y Petrou, 2019; Romano y Molinos-Senante, 2020), incorporando como novedad la posible influencia que el género puede ejercer sobre dicha eficiencia.

Para ello, se aplican las fronteras orden-m con datos de panel desarrollada por Garrido-Rodríguez et al (2018) para el cálculo de la eficiencia, la cual es analizada posteriormente a través de *bootstapped truncated regression* desarrollada por Simar y Wilson (2007), con el fin de conocer qué factores afectan a la eficiencia del servicio de recogida de

residuos. De esta manera, se va a realizar un análisis en dos etapas a una muestra de 283 municipios españoles para el período comprendido entre 2005 y 2015.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: a continuación, se realiza una revisión de la literatura previa; en la tercera sección, se explica la metodología seguida, seguidamente, se presentan los datos y variables contemplados en el análisis y, por último, se discutirán los resultados obtenidos, así como las principales conclusiones a las que se han llegado.

## **2. Revisión de la literatura**

La elevada generación de residuos a consecuencia de una mayor urbanización y población de las regiones (Demirbas, 2011) y la creciente preocupación por el medioambiente han configurado un nuevo escenario en la gestión de los residuos sólidos urbanos (Karak et al., 2012; Das et al., 2019) que, junto a la elevada complejidad del servicio, han supuesto importantes incrementos en los costes derivados de la prestación del mismo (Huang et al., 2011; Caldas et al., 2019).

En Europa, esta necesidad de gestionar los residuos de manera sostenible se vio reflejada con la Directiva 2008/98/EC (European Union, 2008) que posteriormente fue apoyada por la *European 2020 Horizon Strategy*, cuyo objetivo de incrementar el reciclaje ha supuesto un gran reto para la toma de decisiones de los gestores públicos (Expósito y Velasco, 2018), pues el reciclaje a menudo se ha asociado con mayores costes del servicio (Lavee y Khatib, 2010). Posteriormente, la Directiva modificativa (UE) 2018/851 (Diario Oficial de la Unión Europea, 2018) considera que la gestión de residuos en la Unión Europea debe mejorarse y transformarse en una gestión sostenible. Por ello, la búsqueda de eficiencia ha adquirido un papel fundamental en la planificación del servicio (Guerrini et al., 2017). Sin embargo, autores como Lavee (2007) y Carvalho y Marques (2014) demostraron que con el reciclaje se produce una mejora de la eficiencia en algunos municipios portugueses, con la generación de economías de escala y de densidad.

Uno de los pilares fundamentales para lograr los objetivos de sostenibilidad a través del reciclaje es la recogida selectiva de los residuos susceptibles de ser reciclados (Agobino et al., 2016). Para efectuar esta recogida de los residuos, diferenciando entre aquellos que son orgánicos, papel, vidrio, plásticos, baterías, etc., se requiere implementar importantes medidas como el incremento del número de rutas, vehículos, contenedores, trabajadores o incluso de combustible (Teixeira et al., 2014). Es por ello que la recogida selectiva de los residuos puede derivar en un mayor coste del servicio de basura, lo que ha propiciado que se haya incluido este aspecto en el estudio del coste del servicio en trabajos como los de

Chifari et al. (2017), y más concretamente para el servicio de recogida de residuos el de Fernández-Araceli et al. (2018) que demostró que esta aumenta su coste, o Greco et al. (2015), que además pudo determinar que el porcentaje general de residuos reciclados está positivamente relacionado con los costes de recogida de papel, cartón y orgánicos concretamente, lo que refleja la importancia de considerar la recogida selectiva de ciertos tipos de residuos de manera más específica.

En el estudio de D'Onza et al. (2016), también se obtiene un incremento en el coste del servicio de recogida de residuos cuando estos son recogidos de forma selectiva, sin embargo, también se obtiene que cuando la proporción de residuos selectivos sobre el total de residuos recogidos incrementa, se consigue una mejor explotación de la capacidad de recogida. Esta mejora en la capacidad de recogida podría incrementar la eficiencia del servicio mediante la generación de economías de escala para cada tipo de residuo. Ya Callan y Thomas (2001) demostraron en su estudio de los costes del servicio de residuos la presencia de economías de escala en la prestación de servicios de reciclaje en Massachusetts, además de la presencia de economías de alcance, lo que apoya que este fenómeno pueda tener lugar también en la fase de recogida de residuos a consecuencia de dicha diferenciación entre los distintos tipos de residuos.

Con todo ello, la recogida selectiva de residuos ha sido incluida en diversos estudios destinados a conocer el comportamiento del coste del servicio de recogida de residuos sólidos urbanos, pero hasta donde nuestro conocimiento alcanza, no se ha considerado el efecto que puede tener esta recogida selectiva en la eficiencia en costes del servicio, que puede verse favorecida por la generación de economías de escala. Es por ello, que en el presente estudio se incluye una variable que diferencia entre los municipios que recogen selectivamente diferentes tipos de residuos y los que no.

Pero la eficiencia de este servicio también puede estar condicionada por la forma en la que los gestores públicos decidan cómo prestar el servicio, y es que la privatización del servicio ha sido una de las herramientas a las que se ha acudido como mecanismo para mejorar la eficiencia del servicio (Jacobsen et al., 2013; Máñez et al., 2016; Demuth et al., 2018). En este sentido, la privatización, además de incorporar supuestas ventajas como la inclusión de la experiencia y la innovación propias del sector privado (Carrozza, 2010), añade la posibilidad de reducir los costes del servicio al poder operar en más de un municipio, y por tanto, mejorar su eficiencia a través de la generación de economías de escala (Donahue, 1989; Bel y Fageda, 2008; Pérez-López et al., 2016).

No obstante, son numerosos los estudios empíricos que no logran encontrar diferencias entre los costes derivados del servicio de residuos cuando la gestión del servicio es privada o pública (Dijkgraaff y Gradus, 2003; Bel y Costas, 2006, Bel y Mur, 2009; Bel y Fageda, 2010; Campos-Alba et al., 2019), e incluso algunos autores obtienen que la gestión privada conllevaba un mayor coste, como Ohlsson (2003) o Zafra-Gómez et al. (2013); o, por el contrario, podemos encontrar resultados que afirman que la privatización mejora la eficiencia del servicio (Simões et al., 2012; Carvalho y Marques, 2014).

Pero además, formas de gestión alternativas han tomado especial relevancia en los últimos años. Así, la cooperación intermunicipal se presenta como una de las alternativas más convenientes para alcanzar la tan ansiada eficiencia en costes, prestándose el servicio de manera conjunta con el fin de aprovechar las economías de escala latentes (Dijkgraaff et al., 2003; Zullo, 2009; Blaeschke y Haug, 2018). No obstante, mejorar la eficiencia a través de la generación de economías de escala conlleva lograr el tamaño óptimo para ello, lo que no es tarea sencilla para los municipios (Abrate et al., 2012), encontrando autores como Carvalho et al. (2015) que obtienen que un mayor volumen de recogida de residuos no tiene por qué suponer mejoras, debido a la posible existencia de economías de tamaño y de densidad de los outputs. Igualmente, la colaboración público-privada también se ha abierto camino en la prestación de los servicios públicos locales, por aportar las ventajas presumidos al sector privado, incluida la mejora de la eficiencia (Andrews y Entwistle, 2015), y a su vez manteniendo el grado de control necesario por parte de las entidades públicas (Cabrera et al., 2015; Cruz y Marques, 2012; Leviakangas et al., 2016; Marques y Berg, 2011).

Por su parte, la relación entre la eficiencia y las variables políticas en la gestión de los servicios públicos ha sido ampliamente abordada en la literatura, concretamente las variables ideología política (Hagen y Vabo, 2005; García-Sánchez, 2008; Benito-López et al. 2011, Benito et al., 2014) y fortaleza política (Bel y Fageda, 2007). Aunque los resultados han sido contradictorios para la primera, en relación con esta última variable, De Borger y Kerstens (1996) obtienen una mejora de la eficiencia en la gestión del servicio público en los municipios belgas cuando gobiernan partidos progresivos en coalición (Benito et al., 2014).

Por otro lado, diversos estudios indican que la toma de decisiones por parte de los gestores públicos relativas a la provisión de los servicios públicos varía dependiendo del género de la autoridad local (Fox y Schuhmann's, 1999; Hamidullah et al., 2015; De la Higuera-Molina et al., 2020). Por lo que, resulta relevante analizar cómo el género del alcalde puede afectar a los niveles de eficiencia obtenidos. Funk y Philips (2019) encuentran diferencias significativas en la manera en las que alcaldes de diferente género gestionen los recursos públicos. Hernández-Nicolás et al (2018) sostienen que las mujeres tienen mayor

compasión y están más comprometidas con el bienestar de las personas (Wittenberg-Cox 2010) and la adopción de medias de protección del medioambiente (Little et al., 2001), por lo que cabe esperar que en aquellos municipios gestionados por mujeres el nivel de eficiencia de un servicio como el de recogida de residuos cuya repercusión en la calidad de vida de los ciudadanos ejerce tanto impacto sea mayor.

Asimismo, en el estudio de la eficiencia se considera también las finanzas municipales, destacando la independencia financiera. La reducida financiación externa lleva los gestores públicos a buscar soluciones que permitan un ahorro en costes (Plata-Díaz et al., 2014; López-Hernández et al., 2018). Los trabajos de Silkman y Young (1982), De Groot y Van der Sluis (1987) y De Borger y Kerstens (1996) sugieren la existencia de una relación negativa entre la eficiencia y las subvenciones.

Finalmente, las características socio-económicas y demográficas del municipio pueden influir en la eficiencia del servicio de recogida de residuos (Bello y Szymanski, 1996, García-Sánchez, 2008; Rogge y De Jaeger, 2013). Entre las que destacan, el índice turístico, que induce a los gestores públicos a mantener una buena imagen del municipio (Guerrini et al., 2017); el índice industrial, pues es importante conservarla limpieza de las calles y la gestión eficiente de las infraestructuras y más teniendo en cuenta que los residuos industriales tiene una elevada densidad (García-Sánchez, 2008); el desempleo, que tal y como sugieren Narbón-Perpiñá y De Witte (2018) puede reducir la eficiencia ("*cost effect*") al implicar un mayor coste o, aumentarla al implicar una menor demanda de un servicio de alta calidad ("*preference effect*"); el porcentaje de población extranjera se espera que disminuya la eficiencia (Nabrón-Perpiñá y De Witte, 2018) porque este grupo de población muestra a priori, menos interés en política (Bruns & Himmler, 2011), o no puede votar (Bosch-Roca et al., 2012); población de mujeres, que puede afectar a la eficiencia del servicio de recogida de residuos, pues presentan un mayor compromiso con el medioambiente, (Brough et al., 2016) y porque la población masculina suele generar más residuos (Kallgren, Reno y Cialdini, 2000) y recicla menos (Zelezny et al., 2000).

### **3. Metodología**

La metodología propuesta para este trabajo consiste en un estudio en dos etapas de la eficiencia del servicio de recogida de residuos. En este sentido, en la primera etapa se propone el uso del desarrollo realizado por Garrido-Rodríguez et al (2018) a través de la que se extiende la estimación de fronteras parciales de orden-m (Cazals et al., 2002) al cálculo de la eficiencia a largo plazo, propuesta por Surroca et al. (2016). De esta manera, la estimación a largo plazo a través de fronteras orden-m permite, como principal ventaja,

controlar la posible presencia de *outliers* y las perturbaciones aleatorias que pudieran aparecer en determinados momentos del tiempo (Campos-Alba et al., 2020), con lo que se obtienen resultados más robustos que con las técnicas paramétricas tradicionales.

En concreto, las fronteras orden- $m$  datos de panel estiman la eficiencia para cada DMU (en este caso municipio) comparándolo con una sub-muestra de  $m$  unidades, de tal forma que, se considera un número positivo entero fijo  $m$  con el que se crea una sub-muestra aleatoria, para un determinado nivel de  $\tilde{y}^0$ , de tamaño  $m$  con reemplazo entre las  $y_{sm}$  que cumplen la condición  $y_{sm} \geq \tilde{y}^0$ , y se estima un coeficiente de eficiencia ( $\tilde{\theta}^m$ ).

Para la estimación se parte de la resolución del siguiente algoritmo, que parte de una tecnología no convexa por lo que, para un determinado nivel promedio de inputs ( $\tilde{x}^0$ ) y nivel promedio de outputs ( $\tilde{y}^0$ ), se estima un coeficiente de eficiencia FDH con datos de panel<sup>1</sup>:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}_{\lambda^{k,t}, \theta} \tilde{\theta} \\
 \text{s. a. } & \sum_{k=1}^K \lambda^{k,t} x_n^{k,t} \leq \theta \tilde{x}_n^0 \quad n = 1, \dots, N \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda^{k,t} y_m^{k,t} \geq \tilde{y}_m^0 \quad m = 1, \dots, M \\
 & \sum_{k=1}^K \lambda^{k,t} = 1 \\
 & \lambda^{k,t} \in \{0,1\} \quad k = 1, \dots, K
 \end{aligned} \tag{1}$$

Este procedimiento se repite  $B$  veces, obteniéndose  $B$  coeficientes de eficiencia  $\tilde{\theta}^{m,b}$  ( $b = 1; 2; \dots; B$ ), de manera que a través del cálculo de la media de esos coeficientes de eficiencia se obtiene la eficiencia a largo plazo de orden  $m$ :

$$\theta^m = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \tilde{\theta}^{m,b}$$

Varias consideraciones deben tenerse en cuenta en la estimación a través de fronteras en orden- $m$ . En primer lugar, es importante señalar que se pueden obtener coeficientes de eficiencia más allá de la frontera estimada, debido al reemplazo aleatorio, a los que se denominan unidades súper-eficientes<sup>2</sup>. No obstante, las fronteras orden- $m$  datos

<sup>1</sup> En el caso del estudio de eficiencia de los municipios, resulta más adecuado estimar los valores de eficiencia siguiendo una orientación al input, puesto que los *outputs* son determinados principalmente de manera externa al municipio y resulta difícil determinar el precio de los *inputs* y de los *outputs* en la administración local (Cherchye et al., 2014).

<sup>2</sup> En este caso, dado que seguimos una orientación al input, un municipio será súper-eficiente cuando alcance  $\theta^m > 1$ .



de panel obtienen menos valores súper-eficientes que las fronteras orden  $m$ , por lo que las estimaciones con datos de panel presentarán menor volatilidad que las fronteras parciales contemporáneas.

En segundo lugar, la estimación orden- $m$  requiere determinar el valor de  $m$  ya que cuanto mayor sea  $m$ , más observaciones son consideradas en la estimación y por tanto más unidades lograrán cumplir la condición  $y_{sm} \geq \tilde{y}^{03}$ . En este sentido, Daraio y Simar (2007) observan que el valor de  $m$  es el valor por el que el porcentaje de unidades súper-eficientes decrece marginalmente con un incremento de  $m^4$ .

Por su parte, en la segunda etapa se propone la aplicación de la propuesta realizada por Simar y Wilson (2007), de manera que los valores de eficiencia orden  $m$  datos de panel son estimados a través de regresión truncada con *bootstrapp*, cuya especificación es la siguiente:

$$\alpha_{Si}^m = a + z_i\beta + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

donde:

$\alpha_{Si}^m$ : Valores de eficiencia estimados a través de orden- $m$  datos de panel (variable dependiente)

$a$ : Constante

$z_i$ : Variables independientes, para cada DMU  $i$

$\varepsilon_i$ : Ruido

La *bootstrapped* regresión truncada proporciona una inferencia válida y aumenta la robustez de la estimación de eficiencia, frente a otros modelos como la regresión de Tobit (Simar y Wilson, 2007), teniendo en cuenta que los valores de eficiencia no se observan directamente y la frontera de eficiencia se estima a partir de una muestra específica (Barros y Dieke 2008).

#### 4. Variables y datos

Para conseguir el objetivo propuesto en este estudio, se ha llevado a cabo un proceso de filtrado y tratamiento de datos derivado de múltiples bases de datos. En este sentido, es importante señalar que, por un lado, se han procesado los datos necesarios para la estimación de la eficiencia a largo plazo (1ª etapa del estudio) y, por otro, los datos necesarios para analizar los factores determinantes de la eficiencia estimada (2ª etapa).

En concreto, las variables seleccionadas para la estimación de la eficiencia a largo plazo del servicio de recogida de residuos se presentan en la Tabla 1<sup>5</sup>. Como input, se ha

---

<sup>3</sup> Al seguir una tecnología no convexa, se cumple que cuando  $m \rightarrow \infty$ , los coeficientes de eficiencia obtenidos por las fronteras orden- $m$  datos de panel convergen con los coeficientes FDH con datos de panel.

<sup>4</sup> En nuestro caso, tras un estudio pormenorizado y habiendo realizado las estimaciones para diferentes valores de  $m$ , obtenemos que se cumple esta condición con  $m=2500$ .

<sup>5</sup> Los estadísticos descriptivos se presentan en el Anexo I.

considerado el gasto presupuestario para cada municipio, siendo esta variable empleada en multitud de estudios previos (Balaguer-Coll, 2004; Benito-López et al., 2011; Zafra-Gómez et al., 2013; Plata-Díaz et al. 2014; Pérez-López et al., 2016, entre otros). Como outputs, se ha considerado el número de toneladas recogidas, la producción anual de residuos corregida por el índice de calidad técnica del servicio y el número de contenedores disponibles en la vía pública para cada municipio. No obstante, a diferencia de trabajos previos (ver la revisión incluida en Pérez-López et al, 2021) se considera como novedad la descomposición de los outputs según el tipo de residuo (no selectiva, papel, vidrio, plástico, orgánica y baterías), haciendo así que los coeficientes de eficiencia obtenidos sean aún más consistentes.

**Tabla 1. Variables input y output (1ª etapa).**

| <b>Variable</b>                | <b>Definición</b>  |
|--------------------------------|--|
| <b>Total Cost</b>              | Gasto presupuestario municipal, que incluye los costes de capital y operativos del servicio. |
| <b>Nonselective_tons</b>       | Producción anual de residuos no selectivos, en toneladas/año.                                |
| <b>Nonselective_containers</b> | Nº de contenedores disponibles en la vía pública para la recogida no selectiva.              |
| <b>Nonselective_quality</b>    | Producción anual de residuos no selectivos corregida por el índice de calidad técnica.       |
| <b>Paper_tons</b>              | Producción anual de papel, en toneladas/año.   |
| <b>Paper_containers</b>        | Nº de contenedores disponibles en la vía pública para la recogida de papel.                  |
| <b>Paper_quality</b>           | Producción anual de papel corregida por el índice de calidad técnica.                        |
| <b>Plastic</b>                 | Producción anual de plásticos, en toneladas/año.   |
| <b>Plastic_containers</b>      | Nº de contenedores disponibles en la vía pública para la recogida de plásticos.              |
| <b>Plastic_quality</b>         | Producción anual de plásticos corregida por el índice de calidad técnica.                    |
| <b>Glass</b>                   | Producción anual de vidrio, en toneladas/año.  |
| <b>Glass_containers</b>        | Nº de contenedores disponibles en la vía pública para la recogida de vidrio.                 |
| <b>Glass_quality</b>           | Producción anual de vidrio corregida por el índice de calidad técnica.                       |
| <b>Organic_tons</b>            | Producción anual de residuos orgánicos, en toneladas/año.                                    |
| <b>Organic_containers</b>      | Nº de contenedores disponibles en la vía pública para la recogida de residuos orgánicos.     |

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Organic_quality</b>    | Producción anual de residuos orgánicos corregida por el índice de calidad técnica. |
| <b>Battery_tons</b>       | Producción anual de baterías, en toneladas/año.                                    |
| <b>Battery_containers</b> | Nº de contenedores disponibles en la vía pública para la recogida de baterías.     |
| <b>Battery_quality</b>    | Producción anual de baterías corregida por el índice de calidad técnica.           |

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Oficina Virtual para la Coordinación financiera de las Entidades Locales y la Encuesta de Equipamiento e Infraestructuras Locales.*

Por su parte, las variables incluidas en la segunda etapa del estudio se definen en la Tabla 2, cuyos estadísticos descriptivos se presentan en el Anexo II.

**Tabla 2. Second stage variables**

| <b>Variable</b>   | <b>Definition</b>  |
|-------------------|--|
| <b>efficiency</b> | Efficiency coefficients, Winsorized  |
| <b>selective</b>  | Dummy variable that takes the value 1 if the municipality is collecting different types of refuse (minimum the complete cycle of paper, glass and plastic) or 0 if the municipality is collecting only non-selective refuse. |
| <b>MUD</b>        | Dummy variable that takes the value 1 if the management form of provision is directly by the municipality.   |
| <b>MUC</b>        | Dummy variable that takes the value 1 if the management form of provision is municipal under contract.   |
| <b>IC</b>         | Dummy variable that takes the value 1 if the management form of provision is intermunicipal cooperation.   |
| <b>PPC</b>        | Dummy variable that takes the value 1 if the management form of provision is Public-private cooperation.   |
| <b>gender</b>     | Dummy variable that takes value 1 if the gender of the mayor is female and 0 if it is male   |
| <b>ideology</b>   | Dummy variable that takes value 1 if the party of the government is left-handed, and 0 in other case   |
| <b>strength</b>   | Dummy variable that takes value 1 if the party on the government has absolute majority, and 0 if not.  |
| <b>tour</b>       | Index of tourism. Shows the importance of tourist-oriented activities of the municipality  |
| <b>industrial</b> | Index of industrial activities. A comparative index of the importance of the industry in the municipality.   |

---

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>unemp_rate</b> | Percentage of unemployed people in the municipality          |
| <b>foreign</b>    | Percentage of foreign population in the municipality         |
| <b>finindep</b>   | Financial Independence Index. Winsorized                     |
| <b>Inwomen</b>    | Natural logarithm of the number of women in the municipality |

---

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Oficina Virtual para la Coordinación financiera de las Entidades Locales, la Encuesta de Equipamiento e Infraestructuras Locales, el inventario de entidades públicas del Ministerio de Hacienda y Administración Pública, Ministerio del Interior, Anuario Socioeconómico de La Caiza, INE y datos sobre alcaldes del Ministerio de Política Territorial y datos provenientes de una base de datos privada elaborada por una compañía especializada en el análisis de información económico financiera para determinar la contratación de los servicios públicos.*

En este contexto, cabe destacar que el servicio de recogida de residuos en España se pueda prestar a través de diferentes formas de gestión. En este sentido, cuatro alternativas han sido identificadas en este estudio (Warner y Bel, 2008; Plata-Díaz et al., 2014): prestación directa (MUD), en la que los municipios, directamente o a través de una entidad pública o empresa pública controlada por el municipio presten el servicio; contratación externa (MUC), donde el servicio es prestado por una empresa privada; cooperación intermunicipal (IC), donde varios gobiernos locales deciden prestar el servicio de manera conjunta a través de consorcios y asociaciones o una entidad pública supralocal; y producción privada con cooperación (PPC), donde existe una gestión conjunta entre varios municipios, pero el servicio se contrata a una empresa privada (Plata-Díaz et al., 2014; Pérez-López et al., 2016). Por otro lado, considerando la recogida selectiva de residuos y que en el caso español cada municipio puede establecer una forma de gestión distinta para cada tipo de residuo, hemos centrado nuestro análisis en los municipios que mantienen la misma forma de gestión durante el período de estudio, así como, en los que prestan el servicio de la misma forma para todos los tipos de residuos (tanto selectiva como no selectiva), para garantizar que no haya cambios que puedan distorsionar el estudio de la eficiencia (Pérez-López et al, 2021).

Así, después de la conjunción de las distintas bases de datos y la aplicación de diversos procesos de filtrado, la muestra analizada en nuestro estudio quedó finalmente constituida por 283 municipios españoles. De ellos, 57 tienen una población de entre 1.000 y 5.000 habitantes (lo que supone el 20.14% de la muestra y el 3.12% del total de municipios en ese tramo de población), 171 se encuentran en el tramo de población de entre 5.001 y 20.000 habitantes (representando el 60.42% de la muestra y el 18.92% de los municipios del tramo) y 55 tienen una población de entre 20.001 y 50.000 habitantes (el 19.43% de la muestra que representa el 20.75% de municipios en dicho tramo).

## 5. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la primera etapa de estimación de la eficiencia a largo plazo para el servicio de recogida de residuos, así como los resultados del análisis en segunda etapa, en la que se analiza los factores determinantes de la eficiencia.

La Tabla 3 presenta los principales estadísticos descriptivos de la eficiencia a largo plazo para el período 2005-2015. En este sentido, es importante señalar que de la aplicación de las fronteras orden m datos de panel se obtiene, por un lado, la eficiencia anual para cada unidad de análisis (municipio), así como, una medida de eficiencia a largo plazo global para el período. Así, es posible comparar la eficiencia anual estimada a través de esta metodología, a diferencia de las fronteras contemporáneas (Surroca et al., 2016; Pérez-López et al., 2018).

**Tabla 3. Eficiencia a largo plazo anual y eficiencia a largo plazo global, 2005-2015**

| <b>Año</b>                      | <b>N</b> | <b>Media</b> | <b>Mediana</b> | <b>Mín.</b> | <b>Máx.</b> | <b>Desv. Est.</b> |
|---------------------------------|----------|--------------|----------------|-------------|-------------|-------------------|
| 2005                            | 283      | 0.607428     | 0.5986099      | 0.0149622   | 1.001077    | 0.3460057         |
| 2006                            | 283      | 0.5574479    | 0.5652174      | 0.010606    | 1.000001    | 0.3231662         |
| 2007                            | 283      | 0.6100415    | 0.6735961      | 0.011707    | 1           | 0.3344076         |
| 2008                            | 283      | 0.5499958    | 0.5598283      | 0.0111445   | 1           | 0.3157246         |
| 2009                            | 283      | 0.5647393    | 0.5673965      | 0.0106542   | 1           | 0.3398865         |
| 2010                            | 283      | 0.5814151    | 0.5843983      | 0.0089827   | 1           | 0.3458813         |
| 2011                            | 283      | 0.582744     | 0.6025327      | 0.0014771   | 1.000004    | 0.3461842         |
| 2012                            | 283      | 0.5739922    | 0.6            | 0.0014747   | 1.000011    | 0.3517677         |
| 2013                            | 283      | 0.5715604    | 0.5518976      | 0.0014747   | 1.000185    | 0.354201          |
| 2014                            | 283      | 0.4913272    | 0.4628092      | 0.0016347   | 1.058057    | 0.3401027         |
| 2015                            | 283      | 0.5522658    | 0.5483871      | 0.0041541   | 1.159942    | 0.3562507         |
| Eficiencia a largo plazo global | 283      | 0.6311026    | 0.6540723      | 0.0125476   | 1           | 0.3525543         |

*Fuente: Elaboración propia.*

Como puede observarse, los datos medios de eficiencia anuales oscilan en torno al 50-60% de eficiencia y son similares a la eficiencia global del período. Lo que significa que,

por término medio, los municipios españoles pueden aún reducir el coste del servicio de recogida de residuos, en torno a un 50%.

Por otro lado, tal y como se ha explicado, el servicio de recogida de residuos puede prestarse a través de diferentes fórmulas, por lo que el cálculo de la eficiencia a largo plazo global es útil para determinar si existen diferencias en la eficiencia a largo plazo del servicio de recogida de residuos en función de las diferentes formas de gestión. En este sentido, las Tablas 4 y 5 presentan los estadísticos descriptivos de la eficiencia global a largo plazo según las formas de gestión y los resultados del Test de Kruskal Wallis, que se utiliza para determinar si dos o más muestras son independientes<sup>6</sup>. Del análisis conjunto de dichas tablas, se observa, por un lado, que por término medio la forma de gestión directa (MUD) obtiene el menor nivel de eficiencia, siendo la cooperación intermunicipal (IC) la que obtiene mejores resultados y, por otro lado, que existen diferencias significativas en la eficiencia a largo plazo de las diferentes formas de gestión, lo que justifica su estudio en la segunda etapa del estudio.

**Tabla 4. Eficiencia a largo plazo global, por forma de gestión (2005-2015)**

| Variable | N   | Media     | Mediana   | Mín.      | Máx. | Desv. Est. |
|----------|-----|-----------|-----------|-----------|------|------------|
| MUD      | 11  | 0.3439647 | 0.1439236 | 0.0185118 | 1    | 0.347809   |
| IC       | 84  | 0.6929888 | 0.8233635 | 0.0144293 | 1    | 0.3417719  |
| PPC      | 38  | 0.5830781 | 0.5528663 | 0.072999  | 1    | 0.3450813  |
| MUC      | 150 | 0.6296693 | 0.6297823 | 0.0125476 | 1    | 0.3516376  |

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 5. Test de Kruskal-Wallis**

| Forma de gestión | Obs. | Rank Sum |
|------------------|------|----------|
| MUD              | 11   | 841      |
| IC               | 84   | 13140    |
| PPC              | 38   | 5013     |
| MUC              | 150  | 21192    |

<sup>6</sup> The Kruskal Wallis test is a nonparametric method that does not assume a normal distribution of the variables analysed.

---

chi-squared = 10.255 with 3 d.f.

probability = 0.0165

---

chi-squared with ties = 10.841 with 3 d.f.

probability = 0.0126

---

*Fuente: Elaboración propia.*

Tras analizar los coeficientes de eficiencia en la primera etapa, se procede, a continuación, a discutir los resultados obtenidos en la segunda etapa de este trabajo de investigación (Tabla 6). Tal y como se ha explicado anteriormente, se aplica *bootstrapped* regresión truncada (Simar y Wilson, 2007), que se caracteriza porque la variable dependiente puede observar sólo una parte de los valores, siendo imposible observar el resto de valores por encima o por debajo de un valor concreto -en este caso, sólo se pueden observar valores de eficiencia por encima de 0- (Tobin, 1958; Goldberger, 1981; Amemiya, 1985), para analizar los determinantes que influyen en la eficiencia del servicio de recogida del residuo.

**Table 6. Resultados del análisis de 2ª etapa, 2005-2015**

| <b>Variable</b>   | <b>Valor</b>  |
|-------------------|---------------|
| <b>selective</b>  | 0.223***      |
| <b>MUC</b>        | 0.281***      |
| <b>IC</b>         | 0.475***      |
| <b>PPC</b>        | 0.435***      |
| <b>gender</b>     | 0.02          |
| <b>ideology</b>   | 0.062***      |
| <b>strength</b>   | -0.034*       |
| <b>tour</b>       | 0.002*        |
| <b>industrial</b> | 0.002***      |
| <b>unemp_rate</b> | -0.025***     |
| <b>foreign</b>    | -0.003**      |
| <b>finindep</b>   | 1.4E-08***    |
| <b>Inwomen</b>    | 0.093**       |
| <b>_cons</b>      | -0.771***     |
| <b>/sigma</b>     | 0.372         |
| <b>R2</b>         | <b>0.1569</b> |

Nivel de significatividad: \*p<0.1 \*\*p<0.05 \*\*\*p<0.01

*Fuente: Elaboración propia.*

El modelo propuesto resulta significativo ( $\text{Prob} > \chi^2 = 0.000$ ) y tiene una bondad de ajuste aproximado ( $R^2$ ), que estima el grado de asociación a través del cuadrado de la correlación de la variable dependiente con el valor predicho (Pérez-López et al., 2015), del 15.69%.

En relación con el análisis de los determinantes de la eficiencia, se confirma que el servicio de recogida de residuos es más eficiente para aquellos municipios que realizan una recogida selectiva de residuos que en aquellos en los que no se realiza (no recogen al menos papel/cartón, envases y vidrio), demostrándose con ello que, aunque el coste se vea incrementado con esta recogida selectiva, como afirmaban Greco et al. (2015) o Fernández-Araceli et al. (2018), la eficiencia del servicio se ve mejorada, lo que apoya los resultados que ya obtuvieron Lavee (2007) y Carvalho y Marques (2014). Con esto, se manifiesta la importancia de la inclusión de esta variable como determinante de la eficiencia alcanzada por los gobiernos locales y más teniendo en cuenta que como señalan Expósito y Velasco (2018) la recogida selectiva de residuos aún no se ha implementado de igual forma en todos los municipios, a pesar del desarrollo de políticas públicas en décadas recientes y del mayor foco por parte de los gobiernos en la recogida selectiva y el reciclaje (Guerrini et al., 2017).

En cuanto a las formas de gestión, se demuestra que la gestión directa (MUD)<sup>7</sup> es la menos eficiente en la recogida de residuos. Estos resultados están en línea con los obtenidos por Pérez-López et al. (2016) que hace un análisis de estas cuatro formas de gestión por tamaño del municipio. Igualmente, los trabajos de Carvalho y Marques (2014) o Simoes et al. (2012) afirman que la participación del sector privado mejora la eficiencia del servicio.

En cuanto a los factores políticos analizados, obtenemos que los gobiernos locales con orientación progresista tienden a ser más eficientes que los gobiernos conservadores. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por estudios como Benito-López et al. (2011) y Benito et al. (2014). Además, los municipios en los que el gobierno se ha formado por coalición son más eficientes, confirmándose los resultados obtenidos por De Borger y Kerstens (1996) y Benito et al. (2014). Este hecho recae en la importancia de acordar entre los partidos del gobierno las decisiones relativas a la prestación del servicio, por lo que se consigue una mayor eficiencia. No obstante, a pesar de lo indicado en la literatura previa sobre la relación entre la variable género y la provisión servicio (Fox y Schuhmann's, 1999; Daily y Dalton, 2003; Hamidullah, Riccucci y Pandey, 2015; De la Higuera-Molina et al., 2020) no se han encontrado evidencias de que sea una variable que influya significativamente en la eficiencia del servicio de recogida de residuos.

---

<sup>7</sup> Esta variable *dummy* es la que se utiliza como referencia en el modelo propuesto, donde se incluyen las variables *dummies* MUC, IC y PPC.



Por otro lado, obtenemos que los municipios con mayor independencia financiera son más eficientes, siendo este hecho importante en cuanto a la capacidad del municipio de tomar decisiones sin depender de otros organismos. Estos resultados estarían, por tanto, en consonancia con el trabajo de Silkman y Young (1982), quienes sugieren que las subvenciones pueden generar ineficiencia.

Asimismo, los resultados sugieren que aquellos municipios con mayor actividad industrial y turística son más eficientes al igual que los resultados obtenidos por Benito-López et al. (2011), quienes demuestran que la eficiencia mejora cuando el índice turístico es mayor.

Finalmente, al considerar las variables demográficas, obtenemos, por un lado, que la proporción de personas inmigrantes en el municipio reducen la eficiencia del servicio, tal y como se plantea en la literatura previa (Nabroń-Perpiñá y De Witte, 2018) y, por otro lado, que a mayor población de mujeres, más eficiente es la prestación del servicio, estando estos resultados en consonancia con los postulados planteados en la presente investigación y que podría explicarse debido a que la población femenina tiene una mayor preocupación por el reciclaje y el medio ambiente, tal y como afirma el trabajo de Brough et al. (2016).

## **6. Conclusiones**

Durante los últimos años, el estudio de la provisión de servicios públicos ha sido una temática de suma importancia, debido a la gran cantidad de cambios que han tenido que realizar las administraciones públicas en este sentido como consecuencia de distintos acontecimientos de índole jurídica, económica o social (Bel y Fageda, 2010; Zafra-Gómez et al., 2013; Pérez-López et al., 2018). En este sentido, conocer la eficiencia en costes de la prestación de los servicios, y qué forma de gestión es la que menor coste va a suponer tanto para las arcas públicas como para los ciudadanos ha sido un aspecto fundamental en la investigación de esta área (Jacobsen et al., 2013; Pérez-López et al., 2016; Campos-Alba et al., 2020). Uno de los servicios más analizados en este aspecto es el servicio de recogida de residuos, ya que es un servicio obligatorio para todos los municipios, que tiene una representación importante en el presupuesto municipal y se caracteriza por unos elevados activos específicos para su consecución (Bel y Mur, 2009; Benito-López et al., 2011).

En este contexto, además, la aprobación de normativa medioambiental de carácter europeo (Ferreira et al., 2017), puede afectar al coste del servicio y su eficiencia (Callan y Thomas, 2001; D'Onza et al., 2016), por lo que el objetivo fundamental de nuestro trabajo es conocer de qué forma se podrían prestar los servicios de recogida de residuos más eficientemente, teniendo en cuenta un aspecto diferenciador: la separación entre tipologías de residuos (papel, vidrio, plástico, orgánico y baterías) además de la recogida no selectiva.

Así, se pretende conocer la influencia de otros factores externos con respecto a la eficiencia (factores políticos, financieros y sociodemográficos), ya que es imprescindible considerar un conjunto de factores que permitan visualizar los cambios necesarios para la gestión eficiente del servicio (Guerrini et al., 2017).

Para la consecución de los objetivos planteados, se ha realizado un análisis en dos etapas: la primera consiste en la estimación de la eficiencia a través fronteras orden-m con datos de panel (Garrido-Rodríguez et al, 2018). Una vez obtenidos los coeficientes de eficiencia, en la segunda etapa, se ha considerado el uso de *bootstrapped truncated regression*, desarrollada por Simar y Wilson (2007) para el análisis de los factores que pueden influir en la eficiencia.

Así, los resultados obtenidos demuestran que aquellos municipios que realizan una recogida selectiva de residuos son más eficientes, a pesar de que el coste pueda incrementarse por esta diferenciación. Además, también se demuestra que la provisión del servicio de una forma distinta a la prestación directa es más eficiente, reforzando los resultados obtenidos en la literatura previa (Pérez-López et al., 2016, Carvalho and Marques, 2014, Simoes et al., 2012).

En relación a otros factores, se demuestra que los municipios gobernados por partidos progresistas, en coalición y con mayor independencia financiera de otros organismos tienen unos mejores niveles de eficiencia, así como en aquellos municipios con mayor actividad turística e industrial, lo que denota un mayor esfuerzo de las autoridades locales en estas zonas para mantener una imagen adecuada. Contrariamente a lo que se esperaba, no se han obtenido resultados significativos en cuanto al género del alcalde, aunque sí que la cantidad de mujeres y extranjeros en el municipio propicia unos mejores niveles de eficiencia.

Por tanto, entre las contribuciones que este trabajo aporta al estudio de la eficiencia del servicio de recogida de residuos, es que la eficiencia del servicio puede verse influida además por el tipo de recogida que se hace, de manera que, los gestores públicos deben tener en cuenta si se recoge selectivamente, al menos el mínimo del ciclo completo de tipos de residuos (papel, plásticos y vidrio) así como la forma de gestión que se determina para la recogida de residuos. No obstante, un estudio más profundo merece esta cuestión, por lo que futuras líneas de investigación deben comparar si un *mix* de distintas formas de gestión para la recogida de residuos es mejor que la recogida por una misma forma de gestión de los diferentes tipos de residuos, así como, el efecto que la generación de residuos no deseables tiene en la eficiencia.

## 7. Referencias

- Abarca-Guerrero, L., Maas, G. & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries, *Waste Management*, 33 (1): 220-232, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>.
- Abrate, G., Erbetta, F., Fraquelli, G., & Vannoni, D. (2014). The costs of disposal and recycling: an application to Italian municipal solid waste services. *Regional Studies*, 48(5), 896-909.
- Agovino, M., Garofalo, A., & Mariani, A. (2016). Effects of environmental regulation on separate waste collection dynamics: empirical evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 124, 30-40.
- Amemiya, T. A. (1985). *Advanced econometrics*. Harvard university press.
- Andrews, R., & Entwistle, T. (2015). Public-private partnerships, management capacity and public service efficiency. *Policy & Politics*, 43(2), 273-290.
- Balaguer-Coll, M. T. (2004). La eficiencia en las administraciones locales ante diferentes especificaciones del output. *Hacienda Pública Española/Review of Public Economics*, (3), 37-58.
- Barros, C., & Dieke, P. (2008). Measuring the economic efficiency of airports: A Simar-Wilson methodology analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 44(6):1039-1051.
- Bel, G., & Costas, A. (2006). Do public sector reforms get rusty? Local privatization in Spain. *The Journal of Policy Reform*, 9(1), 1-24.
- Bel, G., & Fageda, X. (2008). Reforming the local public sector: Economics and politics in privatization of water and solid waste. *Journal of Economic Policy Reform*, 11(1), 45-65.
- (2010). Empirical analysis of solid management waste costs: Some evidence from Galicia, Spain. *Resources, conservation and recycling*, 54(3), 187-193.
- Bel, G., Fageda, X., & Warner, M. E. (2010). Is private production of public services cheaper than public production? A meta-regression analysis of solid waste and water services. *Journal of Policy Analysis and Management*, 29(3), 553-577.
- Bel, G., Fageda, X., & Mur, M. (2014). Does cooperation reduce service delivery costs? Evidence from residential solid waste services. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 24(1), 85-107.
- Bel, G., & Mur, M. (2009). Intermunicipal cooperation, privatization and waste management costs: Evidence from rural municipalities. *Waste management*, 29(10), 2772-2778.
- Bello, H., & Szymanski, S. (1996). Compulsory competitive tendering for public services in the UK: the case of refuse collection. *Journal of Business Finance & Accounting*, 23(5-6), 881-903.

- Benito-López, B., Moreno-Enguix, M.R. & Solana-Ibañez, J. (2011). Determinants of efficiency in the provision of municipal street-cleaning and refuse collection services, *Waste Management*, Volume 31, Issue 6, 1099-1108, doi: 10.1016/j.wasman.2011.01.019.
- Benito, B., Solana, J., & Moreno, M. R. (2014). Explaining efficiency in municipal services providers. *Journal of Productivity Analysis*, 42(3), 225-239. <https://doi.org/10.1007/s11123-013-0358-7>
- Blaeschke, F., & Haug, P. (2018). Does intermunicipal cooperation increase efficiency? A conditional metafrontier approach for the Hessian wastewater sector. *Local Government Studies*, 44(1), 151-171.
- Bosch-Roca, N., Mora-Corral, A.J. & Espasa-Queralt, M. (2012). Citizen control and the efficiency of local public services. *Environment and Planning C: Government and Policy* 30, 2, 248.
- Brough, A.R. Wilkie, J.E.B., Ma, J., Isaac, M.I. & Gal, D. (2016). Is Eco-Friendly Unmanly? The Green-Feminine Stereotype and Its Effect on Sustainable Consumption, *Journal of Consumer Research*, Volume 43, Issue 4, 567–582, <https://doi.org/10.1093/jcr/ucw044>
- Bruns, C., & Himmler, O. (2011). Newspaper circulation and local government efficiency. *Scandinavian Journal of Economics*, 113(2), 470-492
- Cabrera, M., Suárez-Alemán, A., & Trujillo, L. (2015). Public-private partnerships in Spanish Ports: Current status and future prospects. *Utilities Policy*, 32, 1-11.
- Caldas, P., Ferreira, D., Dollery, B., & Marques, R. (2019). Are there scale economies in urban waste and wastewater municipal services? A non-radial input-oriented model applied to the Portuguese local government. *Journal of Cleaner Production*, 219, 531-539.
- Callan, S. J., & Thomas, J. M. (2001). Economies of scale and scope: A cost analysis of municipal solid waste services. *Land economics*, 77(4), 548-560.
- Campos-Alba, C. M., de la Higuera-Molina, D. E., J., Pérez-López, G., & Zafra-Gómez, J. L. (2019). Measuring the efficiency of public and private delivery forms: An Application to the waste collection service using order-M data panel frontier analysis. *Sustainability*, 11(7), 2056.
- Campos-Alba, C.M.; Prior, D.; Pérez-López, G. & Zafra-Gómez, J.L. (2020). Long-term cost efficiency of alternative management forms for urban public transport from the public sector perspective, *Transport Policy*, 88: 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.01.014>.
- Carrozza, C. (2010). Privatising local public services: between industrial legacy and political ambition. *Local Government Studies*, 36(5), 599-616.
- Carvalho, P., & Marques, R. C. (2014). Economies of size and density in municipal solid waste recycling in Portugal. *Waste management*, 34(1), 12-20.

- Carvalho, P., Marques, R. C., & Dollery, B. (2015). Is bigger better? An empirical analysis of waste management in New South Wales. *Waste Management*, 39, 277-286.
- Cazals, C., J.P. Florens & L. Simar (2002). Nonparametric frontier estimation: a robust approach, *Journal of Econometrics*, 106, 1–25.
- Cherchye, L., Demuynck, T., De Rock, B., & De Witte, K. (2014). Nonparametric analysis of multi-output production with joint inputs. *The Economic Journal* 124(577):735-775.
- Chifari, R., Piano, S. L., Matsumoto, S., & Tasaki, T. (2017). Does recyclable separation reduce the cost of municipal waste management in Japan? *Waste management*, 60, 32-41.
- Da Cruz, N. F., & Marques, R. C. (2012). Mixed companies and local governance: no man can serve two masters. *Public administration*, 90(3), 737-758.
- Daily, C. M., & Dalton, D. R. (2003). Women in the boardroom: A business imperative. *Journal of Business strategy*.
- Daraio, C. & L. Simar (2007). *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis: Methodology and Applications*, New York, Springer.
- Das, S., Lee, S. H., Kumar, P., Kim, K. H., Lee, S. S., & Bhattacharya, S. S. (2019). Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. *Journal of cleaner production*, 228, 658-678.
- De Borger, B., & Kerstens, K. (1996). Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA, and econometric approaches. *Regional science and urban economics*, 26(2), 145-170.
- De Groot, H. & Van der Siuis, J. (1987). *Bureaucracy response to a budget cut: An economic model*, *Kyklos* 40, 103-109.
- De La Higuera-Molina, E. J., Plata-Díaz, A.M., Zafra-Gómez, J.L., & Campos-Alba, C. M. (2020). A Dynamic Model for Analysing Partisan Political Corruption in Local Government: the Spanish Experience. *Lex Localis-Journal of Local Self-Government*, 18(1).
- Demirbas, A. (2011). Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 1280-1287.
- Demuth, J., Friederiszick, H. W., & Reinhold, S. (2018). Reverse privatization as a reaction to the competitive environment: Evidence from solid waste collection in Germany.
- Dijkgraaf, E., & Gradus, R. H. (2003). Cost savings of contracting out refuse collection. *Empirica*, 30(2), 149-161.
- (2013). Cost advantage cooperations larger than private waste collectors. *Applied Economics Letters*, 20(7), 702-705.
- Donahue, J. D. (1989). *The privatization decision: Public ends, private means* (p. 218). New York: Basic Books.

- D'Onza, G., Greco, G., & Allegrini, M. (2016). Full cost accounting in the analysis of separated waste collection efficiency: A methodological proposal. *Journal of environmental management*, 167, 59-65.
- Ekere, W., Mugisha, J., & Drake, L. (2009). Factors influencing waste separation and utilization among households in the Lake Victoria crescent, Uganda. *Waste management*, 29(12), 3047-3051.
- European Union (2008). Directive 2008/98/EC of The European Parliament And of The Council on Waste and Repealing Certain Directives. *Official Journal of the European Union*, 312, 330.
- (2018). Directive (UE) 2018/851 of The European Parliament And of The Council of May 30th of 2018, which modifies the Directive 2008/98/CE on Waste. *Official Journal of the European Union*, 150, 109-140.
- Expósito, A., & Velasco, F. (2018). Municipal solid-waste recycling market and the European 2020 Horizon Strategy: A regional efficiency analysis in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 172, 938-948.
- Fernández-Aracil, P., Ortuño-Padilla, A., & Melgarejo-Moreno, J. (2018). Factors related to municipal costs of waste collection service in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 175, 553-560.
- Ferreira, M. A., Jabbour, C. J. C., & de Sousa Jabbour, A. B. L. (2017). Maturity levels of material cycles and waste management in a context of green supply chain management: an innovative framework and its application to Brazilian cases. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(1), 516-525.
- Fox, R. L., & Schuhmann, R. A. (1999). Gender and local government: A comparison of women and men city managers. *Public Administration Review*, 231-242.
- Funk, K., & Philips, A. (2019). Representative Budgeting: Women Mayors and the Composition of Spending in Local Governments. *Political Research Quarterly*, 72(1), 19-33. doi:10.2307/45276888
- García-Sánchez, I. M. (2008). The performance of Spanish solid waste collection. *Waste Management & Research*, 26(4), 327–336. doi:10.1177/0734242x07081486
- Garrido-Rodríguez, J.C., Pérez-López, G., Zafra-Gómez, J.L. & Prior, D. (2018). Estimación de la eficiencia a largo plazo en servicios públicos locales mediante fronteras robustas con datos de panel. *Hacienda Pública Española / Review of Public Economics*, 226(3), 11-36. DOI: 10.7866/HPE-RPE.18.3.1
- Goldberger, A. S. (1981). Linear regression after selection. *Journal of Econometrics*, 15(3), 357-366.

- Greco, G., Allegrini, M., Del Lungo, C., Savellini, P. G., & Gabellini, L. (2015). Drivers of solid waste collection costs. Empirical evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 106, 364-371.
- Guerrini, A., Carvalho, P., Romano, G. Cunha-Marques, R. & Leardini, C. (2017). Assessing efficiency drivers in municipal solid waste collection services through a non-parametric method, *Journal of Cleaner Production*, 147, 431-441, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.079>.
- Halkos, G. & Petrou, K.N. (2019). Assessing 28 EU member states' environmental efficiency in national waste generation with DEA. *J. Clean. Prod.*, 208, pp. 509-521
- Hamidullah, M. F., Riccucci, N. M., & Pandey, S. K. (2015). Women in city hall: Gender dimensions of managerial values. *The American Review of Public Administration*, 45(3), 247-262.
- Hernández-Nicolás, C.M., Martín-Ugedo, J.F & Mínguez-Vera, A (2018). Women Mayors and Management of Spanish Councils: An Empirical Analysis, *Feminist Economics*, 24:1, 168-191, DOI: [10.1080/13545701.2017.1347695](https://doi.org/10.1080/13545701.2017.1347695)
- Huang, Y. T., Pan, T. C., & Kao, J. J. (2011). Performance assessment for municipal solid waste collection in Taiwan. *Journal of environmental management*, 92(4), 1277-1283.
- Jacobsen, R., Buysse, J., & Gellynck, X. (2013). Cost comparison between private and public collection of residual household waste: multiple case studies in the Flemish region of Belgium. *Waste management*, 33(1), 3-11.
- Kallgren, C.A., Reno, R. R. & Cialdini, R. B. (2000). A Focus Theory of Normative Conduct: When Norms Do and Do Not Affect Behavior, *Personality and Social Psychology Bulletin*, 26 (8), 1002–12.
- Karak, T., Bhagat, R. M., & Bhattacharyya, P. (2012). Municipal solid waste generation, composition, and management: the world scenario. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(15), 1509-1630.
- Lavee, D. (2007). Is municipal solid waste recycling economically efficient? *Environmental Management*, 40(6), 926-943.
- Lavee, D., & Khatib, M. (2010). Benchmarking in municipal solid waste recycling. *Waste management*, 30(11), 2204-2208.
- Leviäkangas, P., Kinnunen, T., & Aapaoja, A. (2016). Infrastructure public–private partnership project ecosystem–financial and economic positioning of stakeholders. *The European Journal of Finance*, 22(3), 221-236.
- Little, T. H., Dunn, D. & Deen, R. E. (2001). A View from the Top: Gender Differences in Legislative. Priorities among State Legislative Leaders. *Women & Politics* 22 (4), 29-50.

- López-Hernández, A. M., Zafra-Gómez, J. L., Plata-Díaz, A. M., & de la Higuera-Molina, E. J. (2018). Modeling fiscal stress and contracting out in local government: The influence of time, financial condition, and the great recession. *The American Review of Public Administration*, 48(6), 565-583.
- Máñez, J., Pérez-López, G., Prior, D., & Zafra-Gómez, J. L. (2016). Understanding the dynamic effect of contracting out on the delivery of local public services. *Regional Studies*, 50(12), 2069-2080. DOI: 10.1080/00343404.2015.1090561
- Marques, R. C., & Berg, S. (2011). Risks, contracts, and private-sector participation in infrastructure. *Journal of construction engineering and management*, 137(11), 925-932.
- Narbón-Perpiñá, I., & De Witte, K. (2018). Local governments' efficiency: a systematic literature review. Part II. *International Transactions in Operational Research*, 25(4), 1107-1136.
- Ohlsson, H. (2003). Ownership and production costs: choosing between public production and contracting-out in the case of Swedish refuse collection. *Fiscal Studies*, 24(4), 451-476.
- Pérez-López, G., Prior, D., & Zafra-Gómez, J. L. (2015). Rethinking new public management delivery forms and efficiency: Long-term effects in Spanish local government. *Journal of public administration research and theory*, 25(4), 1157-1183.
- (2018). Temporal scale efficiency in DEA panel data estimations. An application to the solid waste disposal service in Spain. *Omega*, 76, 18-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.03.005>
- Pérez-López, G., D. Prior, J. L. Zafra-Gómez & A. M. Plata-Díaz (2016): Cost efficiency in municipal solid waste service delivery. Alternative management forms in relation to local population size, *European Journal of Operational Research*, nº 255 (2), págs. 583-592, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.05.034>
- Perez-Lopez, G., Thanh Dung Tran, C. T., & Dollery, B. (2021). Is council co-operation cost efficient? An empirical analysis of waste collection in Spanish local government. *Public Money & Management*, 1-11.
- Plata-Díaz, A. M., Zafra-Gómez, J. L., Pérez-López, G. & López-Hernández, A.M. (2014). Alternative management structures for municipal waste collection services: the influence of economic and political factors, *Waste Management*, 34 (11), 1967-1976.
- Rogge, N. & De Jaeger, S. (2013). Measuring and explaining the cost efficiency of municipal solid waste collection and processing services, *Omega*, 41(4): 653-664 <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.09.006>.
- Romano, G. & Molinos-Senante, M. (2020). Factors affecting eco-efficiency of municipal waste services in Tuscan municipalities: An empirical investigation of different management



models, *Waste Management*, Volume 105,384-394,  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.028>.

- Sidique, S. F., Lupi, F., & Joshi, S. V. (2010). The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities. *Resources, conservation and recycling*, 54(3), 163-170.
- Silkman, R. & Young, D.R. (1982), X-Efficiency and state formula grants, *National Tax Journal* 35, 383-397.
- Simar, L., & Wilson, P.W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics* 136:31-64.
- Simões, P., & Marques, R. C. (2012). On the economic performance of the waste sector. A literature review. *Journal of Environmental Management*, 106, 40-47.
- Surroca, J., Prior, D. & Tribó Giné, J. A. (2016). Using panel data DEA to measure CEOs' focus of attention: an application to the study of cognitive group membership and performance. *Strategic Management Journal*, 37(2), 70–388. DOI: 10.1002/smj.2350
- Teixeira, C. A., Russo, M., Matos, C., & Bentes, I. (2014). Evaluation of operational, economic, and environmental performance of mixed and selective collection of municipal solid waste: Porto case study. *Waste Management & Research*, 32(12), 1210-1218.
- Tobin, J. (1958). Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 24-36.
- Warner, M.E. & Bel, G. (2008): Competition or Monopoly? Comparing Privatization of Local Public Services in the U.S. and Spain, *Public Administration*, 86(3), págs.723–735.
- Wittenberg-Cox, A. (2010). *How women mean business: A step by step guide to profiting from gender balanced business*. John Wiley & Sons.
- Zafra-Gómez, J. L., Prior, D., Plata-Díaz, A. M., & López-Hernández, A. M. (2013). Reducing costs in times of crisis: delivery forms in small and medium sized local governments' waste management services. *Public Administration*, 91(1), 51-68.
- Zafra-Gómez, J. L., Plata-Díaz, A. M., Pérez-López, G., & López-Hernández, A. M. (2016). Privatisation of waste collection services in response to fiscal stress in times of crisis. *Urban Studies*, 53(10), 2134-2153.
- Zelezny, L. C., Chua, P. P., & Aldrich, C. (2000). New ways of thinking about environmentalism: Elaborating on gender differences in environmentalism. *Journal of Social issues*, 56(3), 443-457.
- Zullo, R. (2009). Does fiscal stress induce privatization? Correlates of private and intermunicipal contracting, 1992–2002. *Governance*, 22(3), 459-481.

## Anexo I. Descriptivos estadísticos de las variables inputs y outputs

| Variable                      | N   | Media    | Mediana   | Mín.     | Máy.     | Desv. Est. |
|-------------------------------|-----|----------|-----------|----------|----------|------------|
| <b>Total Cost</b>             | 283 | 850892.4 | 571675.2  | 57626.86 | 2688986  | 729211     |
| <b>Nonselective_tons</b>      | 283 | 4770.951 | 3695.478  | 432.4546 | 27411.5  | 3792.308   |
| <b>Nonslective_containers</b> | 283 | 336.2172 | 265.3636  | 22       | 1326     | 260.9299   |
| <b>Nonselective_quality</b>   | 283 | 9398.37  | 7112.909  | 803.8109 | 54823    | 7620.382   |
| <b>Paper_tons</b>             | 283 | 261.5421 | 163.4176  | 0        | 1679.422 | 270.7388   |
| <b>Paper_containers</b>       | 283 | 45.73533 | 32.63636  | 0        | 299.7778 | 45.098     |
| <b>Paper_quality</b>          | 283 | 505.813  | 304.22    | 0        | 3358.844 | 532.8855   |
| <b>Plastic</b>                | 283 | 158.3    | 106.44    | 0        | 1161.1   | 170.27     |
| <b>Plastic_containers</b>     | 283 | 57.75037 | 34.72727  | 0        | 830.6364 | 76.83086   |
| <b>Plastic_quality</b>        | 283 | 304.5183 | 192.8     | 0        | 2322.2   | 328.736    |
| <b>Glass</b>                  | 283 | 217.0852 | 145.0636  | 0        | 1313.291 | 215.8649   |
| <b>Glass_containers</b>       | 283 | 44.77944 | 34.81818  | 0        | 229.1818 | 37.9613    |
| <b>Glass_quality</b>          | 283 | 422.3912 | 267.5818  | 0        | 2626.582 | 434.1471   |
| <b>Organic_tonnes</b>         | 283 | 276.6833 | 1.3       | 0        | 6506.32  | 836.0903   |
| <b>Organic_containers</b>     | 283 | 20.3167  | 0         | 0        | 651      | 78.73931   |
| <b>Organic_quality</b>        | 283 | 547.3565 | 2.6       | 0        | 13012.64 | 1672.835   |
| <b>Battery</b>                | 283 | 12.33139 | 0.4954545 | 0        | 802.5709 | 64.15814   |
| <b>Battery_containers</b>     | 283 | 9.01881  | 2         | 0        | 111      | 16.33655   |
| <b>Battery_quality</b>        | 283 | 24.57511 | 0.8709091 | 0        | 1605.142 | 128.3226   |

Fuente: Elaboración propia

## Anexo II. Estadísticos descriptivos de las variables de segunda etapa

| variable          | N    | Media     | Mediana  | Mín.      | Máx.     | Desv. Est. |
|-------------------|------|-----------|----------|-----------|----------|------------|
| <b>efficiency</b> | 3113 | 0.5674825 | 0.567172 | 0.0148179 | 1        | 0.3420279  |
| <b>selective</b>  | 3113 | 0.9286862 | 1        | 0         | 1        | 0.2573897  |
| <b>MUC</b>        | 3113 | 0.482814  | 0        | 0         | 1        | 0.4997848  |
| <b>IC</b>         | 3113 | 0.2756184 | 0        | 0         | 1        | 0.4468971  |
| <b>PPC</b>        | 3113 | 0.2020559 | 0        | 0         | 1        | 0.4015982  |
| <b>gender</b>     | 3113 | 0.1647928 | 0        | 0         | 1        | 0.371053   |
| <b>ideology</b>   | 3113 | 0.5621587 | 1        | 0         | 1        | 0.496201   |
| <b>strength</b>   | 3113 | 0.6032766 | 1        | 0         | 1        | 0.4892963  |
| <b>tourism</b>    | 3113 | 2.050703  | 0.257367 | 0         | 98.5596  | 8.108223   |
| <b>industrial</b> | 3113 | 2.799457  | 1.36104  | 0         | 216.988  | 11.01732   |
| <b>unemp_rate</b> | 3113 | 7.134262  | 6.778976 | 1.246297  | 19.37229 | 3.254727   |
| <b>foreign</b>    | 3113 | 11.76206  | 7.52277  | 0.431779  | 87.7174  | 11.54932   |
| <b>finindep</b>   | 3113 | 7140871   | 5100000  | 444831    | 3.20E+07 | 6562633    |
| <b>Inwomen</b>    | 3113 | 8.462904  | 8.467162 | 6.347389  | 10.08918 | 0.7991227  |

*Fuente: Elaboración propia*

### Anexo III. Correlation matrix

|                   | efficiency     | selective     | MUC            | IC             | PPC           | gender         | ideology       | strength     | tourism        | industrial | unemp_rate | foreign | finindep | lnwomen |
|-------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|--------------|----------------|------------|------------|---------|----------|---------|
| <b>efficiency</b> | 1              |               |                |                |               |                |                |              |                |            |            |         |          |         |
| <b>selective</b>  | 0.1323<br>***  | 1             |                |                |               |                |                |              |                |            |            |         |          |         |
| <b>MUC</b>        | -0.0859<br>*** | -0.047<br>*   | 1              |                |               |                |                |              |                |            |            |         |          |         |
| <b>IC</b>         | 0.115<br>***   | 0.0843<br>*** | -0.596<br>***  | 1              |               |                |                |              |                |            |            |         |          |         |
| <b>PPC</b>        | 0.0387<br>**   | 0.0058        | -0.4862<br>*** | -0.3104<br>*** | 1             |                |                |              |                |            |            |         |          |         |
| <b>gender</b>     | 0.0375<br>**   | 0.0222        | -0.0012        | -0.0182        | 0.0568        | 1              |                |              |                |            |            |         |          |         |
| <b>ideology</b>   | 0.067<br>***   | -0.0231       | -0.0686<br>*** | 0.0647<br>***  | 0.0184        | 0.022          | 1              |              |                |            |            |         |          |         |
| <b>strength</b>   | -0.0757<br>*** | -0.0231       | -0.0193        | 0.0417<br>**   | 0.014         | -0.1247<br>*** | -0.0513<br>*** | 1            |                |            |            |         |          |         |
| <b>tourism</b>    | 0.0434<br>**   | 0.0365<br>**  | 0.0243         | -0.1228<br>*** | -0.0077       | -0.0494<br>*   | -0.0668<br>*** | -0.0281      | 1              |            |            |         |          |         |
| <b>industrial</b> | 0.0186         | 0.0221        | -0.0622<br>*** | -0.0547<br>**  | 0.1448<br>*** | 0.0915<br>***  | -0.0622<br>*** | 0.0269       | -0.0299        | 1          |            |         |          |         |
| <b>unemp_rate</b> | -0.0309<br>*   | 0.0077        | -0.113<br>***  | 0.0996<br>***  | 0.0505<br>**  | 0.0873<br>***  | -0.0414<br>**  | 0.0388<br>** | -0.1187<br>*** | -0.0026    | 1          |         |          |         |
| <b>foreign</b>    | 0.0077         | 0.06          | 0.0789         | -0.136         | -0.0264       | -0.0839        | -0.1033        | 0.0079       | 0.2768         | -0.0202    | -0.2429    | 1       |          |         |

|                 |        |        |        |         |         |        |         |         |        |         |        |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
|                 |        | ***    | ***    | ***     |         | ***    | ***     |         | ***    |         | ***    |        |        |
| <b>finindep</b> | 0.2627 | 0.003  | 0.2003 | -0.1534 | -0.0894 | 0.031  | -0.0364 | -0.1315 | 0.2423 | 0.0025  | 0.0719 | 0.2897 | 1      |
|                 | ***    |        | ***    | ***     | ***     | *      | **      | ***     | ***    |         | ***    | ***    |        |
| <b>Inwomen</b>  | 0.2393 | 0.0649 | 0.1594 | -0.0207 | -0.1775 | 0.0293 | -0.0163 | -0.0871 | 0.0836 | -0.1648 | 0.2329 | 0.1401 | 0.7728 |
|                 | ***    | ***    | ***    |         | ***     |        |         | ***     | ***    | ***     | ***    | ***    | ***    |

Fuente: *Elaboración propia*. Nivel de significatividad: \* $p < 0.1$  \*\* $p < 0.05$  \*\*\* $p < 0.01$