

¿El tamaño importa? Diferencia en la eficiencia en costes de las formas de gestión del servicio de recogida de residuos según el tamaño municipal

Autores

Gemma Pérez-López*

Diego Prior**

José Luis Zafra-Gómez*

jlzafra@ugr.es

* Universidad de Granada

** Universidad Autónoma de Barcelona

Resumen

El análisis de la eficiencia en costes del servicio público de recogida y tratamiento de residuos se ha centrado tradicionalmente en la distinción entre gestión pública o privada. Sin embargo, estudios recientes han puesto de manifiesto la importancia y proliferación de las fórmulas de gestión conjunta –tanto públicas como privadas–, especialmente en los municipios de menor tamaño. Así pues en el presente trabajo se analiza la eficiencia en costes que estas formas de gestión presentan a través del análisis de metafrontera por aplicación de fronteras en orden- m . En este sentido, los resultados sugieren que la eficiencia en costes del servicio de basuras depende de la forma de gestión aplicada y del tamaño poblacional. En concreto obtenemos que las fórmulas de gestión conjunta son más adecuadas en los municipios de menor tamaño, mientras

que en los municipios con mayor número de habitantes resulta más aconsejable la externalización del servicio de recogida de residuos.

Introducción

El estudio de la relación entre eficiencia y formas de gestión de los servicios públicos locales resulta fundamental para el gestor público, pues el control de estos servicios ha cobrado especial importancia dentro de las agendas públicas locales (Geys y Moesen, 2009), aumentando aún más si cabe con la actual crisis económica y financiera.

En este sentido, la eficiencia de los servicios públicos locales puede ser analizada desde una doble perspectiva según los objetivos perseguidos: de manera conjunta o específica (De Borger y Kerstens, 2000). Sin embargo, el análisis global de la eficiencia en costes municipal no pone de manifiesto qué forma de gestión es la más adecuada para cada servicio. En este sentido, dado que las entidades locales son organizaciones multiproducto, una política que se tome a nivel de producto puede ser ventajosa para este nivel pero no a nivel de la organización en su conjunto y viceversa (Hefetz et al., 2012). Es lo que se conoce como la "Paradoja de Fox" (Fox, 1999). Por este motivo, resulta de especial interés llevar a cabo estudios específicos que analicen qué forma de gestión obtiene mejores niveles de eficiencia.

De entre la gran variedad de servicios que ofrecen los municipios, el servicio de recogida de residuos es uno de los más estudiados en la literatura, debido a la complejidad de su prestación y al coste que representa, así como la creciente preocupación medioambiental (Bel et al. 2010; Benito-López et al. 2011; Simões y Marques 2012; De Jaeger y Rogge, 2013; Jacobsen et al. 2013; Zafra-Gómez et al., 2013).

En concreto, la literatura más reciente que desarrolla el servicio de recogida de residuos está siendo enfocada hacia la determinación de qué forma de prestación del servicio es capaz de obtener mayores niveles de eficiencia y ahorro en costes (Bel y Mur, 2009; Bel y Fageda, 2010; Simões et al., 2012; Dijkgraaf y Gradus, 2013; Zafra-Gómez et al., 2013; Bel et al., 2014). La cuestión sobre la prestación pública o privada de este servicio, y su impacto sobre la eficiencia, ha sido ampliamente tratada en la literatura (Simões y Marques, 2012), aunque es necesario seguir profundizando en el estudio del mismo y el impacto que otras modalidades de prestación del servicio de gestión de residuos pueden tener sobre la eficiencia, de forma que se pueda obtener evidencia empírica sobre si la prestación de los servicios públicos lleva a mejores niveles de eficiencia en costes que la contratación externa, o viceversa, haciendo especial hincapié en la influencia que la actual crisis económica y financiera mundial puede tener sobre tal relación. En este sentido, en la literatura se comienza a estudiar el efecto de las formas de gestión conjunta (Rodrigues et al., 2012; Hefetz y Warner, 2012; Bel et al., 2014) como alternativa a la externalización, como mecanismo de ahorro en costes (Bel y Fageda, 2006, 2008; Mohr et al., 2010), especialmente en los municipios de menor tamaño. Por tanto, parece claro que llevar a cabo investigaciones que identifiquen únicamente si la gestión del servicio es pública o privada puede resultar poco concreta, resultando necesario delimitar las diferentes alternativas de gestión del servicio de recogida de residuos. Dentro del amplio abanico de posibles formas de prestación, la gestión directa pública (PUB), externalización (EXT), cooperación intermunicipal (CI) y la gestión conjunta externalizada (COEXT) son las alternativas comúnmente utilizadas en la gestión del servicio de recogida y tratamiento de residuos (Plata-Díaz et al. 2014).

Así, el presente trabajo quiere contribuir a la literatura sobre el análisis de la eficiencia del servicio de recogida de residuos analizando las diferencias en la eficiencia en costes para las

diferentes formas de gestión de este servicio en los ayuntamientos españoles, tratando de identificar qué forma de gestión se ajusta mejor a la prestación del servicio de recogida de residuos.

Para alcanzar el objetivo anterior, contamos con una amplia base de datos compuesta por 771 ayuntamientos españoles con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes, para los años 2004, 2006, 2008 y 2010.

Tradicionalmente, el estudio de la eficiencia de los servicios públicos locales se ha llevado a cabo a través de la aplicación de los métodos no paramétricos tales como el *Data Envelopment Analysis* (DEA), donde se establece como hipótesis de partida que todos los municipios operan bajo las mismas circunstancias operativas. Sin embargo, los municipios que operan bajo una determinada forma de gestión no son comparables con aquellos otros que operan bajo diferentes alternativas, por lo que entendemos que existen diferencias intrínsecas a cada forma de gestión que dificultan la comparación de los niveles de eficiencia municipal para el servicio de recogida de residuos. En este sentido, Balaguer-Coll et al. (2012) analizan la eficiencia de los municipios españoles agrupados según tres criterios: combinación productiva, condiciones medioambientales y nivel de autoridad. Los autores obtienen que las diferencias entre los municipios de distintos grupos son importantes cuando se agrupan en base a las condiciones medioambientales and combinación productiva. De lo que se infiere que la comparación entre municipios que operan con una escala diferente y distintos entornos socioeconómicos debe realizarse con cautela.

Aplicado a nuestro estudio, la diferencia en eficiencia entre formas de gestión significaría que dos municipios de características similares que gestionen el servicio de recogida de residuos

bajo distintas formas no pueden ser comparados en términos de eficiencia, ya que, por ejemplo, uno de ellos puede obtener menores niveles de eficiencia pero ser el mejor municipio dentro de su propia forma de gestión. Por lo que en ese caso, este municipio solamente podría mejorar su eficiencia si cambiase su forma de gestión por otra que fuera más conveniente. Por este motivo, el presente trabajo trata de determinar qué forma de gestión resulta más eficiente en el servicio de recogida de residuos.

Dadas las características del presente estudio, resulta fundamental que éste sea abordado a través de una metodología que permita distinguir los diferentes procesos tecnológicos que aporta cada forma de gestión y su impacto en la eficiencia, teniendo en cuenta todas las unidades consideradas. En este sentido, aplicamos el concepto de *metafrontera* desarrollado por Battese y Rao (2002) y Battese et al. (2004) debido a que la eficiencia de las unidades de producción o DMUs (en nuestro caso, municipios) que operan bajo una determinada forma de gestión del servicio de recogida de residuos no son comparables con aquellas otras unidades que operan bajo una forma diferente. Asimismo, para la obtención de la eficiencia en costes del servicio municipal de residuos de cada uno de los ayuntamientos de la muestra, proponemos el uso de fronteras parciales no paramétricas a través de la aplicación de fronteras en orden- m (Cazals et al., 2002; Daouia y Simar, 2007). Como alternativa al uso del DEA, se proponen las fronteras parciales no paramétricas dada la robustez de estos modelos ante la presencia de *outliers* y unidades extremas, y su independencia a los problemas de dimensionalidad (Balaguer-Coll et al., 2012). Esta elección se debe en parte a que el uso del DEA ha sido criticado por diversos autores por el hecho de ser una metodología determinista (Daouia y Simar, 2007; De Witte y Marques, 2010), que puede llegar a condicionar los resultados obtenidos y su vinculación con la aceptación de diferentes teorías que se pretendan contrastar a través de esta metodología.

Los resultados sugieren que las fórmulas de cooperación o gestión conjunta obtienen mayores niveles de ahorro en costes en el servicio de recogida de residuos. No obstante, se obtienen evidencias que sostienen que existen diferencias en la eficiencia en costes entre las distintas formas de gestión según el tamaño poblacional del municipio, de manera que los municipios de menor tamaño pueden verse favorecidos por unos mayores niveles de eficiencia si combinan la gestión conjunta con la externalización del servicio, mientras que en aquéllos con mayor número de habitantes resulta más adecuada la gestión externalizada.

El presente trabajo se organiza como sigue. En el segundo apartado se realiza una revisión teórica de la eficiencia en costes del servicio de recogida de residuos. En el tercer apartado presentamos el concepto de metafrontera que es la metodología aplicada para dar respuesta a los objetivos previstos en este trabajo. En el cuarto apartado presentamos los datos utilizados en el análisis y los resultados obtenidos. Y, finalmente, en el quinto apartado incluimos las principales conclusiones y limitaciones del estudio realizado.

Servicio de recogida y tratamiento de residuos: eficiencia en costes y formas de gestión

El servicio de recogida de residuos es un servicio público de suma importancia para los gobiernos locales debido en parte al alto coste y la complejidad de su prestación (Huang et al., 2011) y cuya gestión depende de diversos factores (Sørensen, 2007; Rogge y De Jaeger, 2013). De entre los más importantes, destaca la presencia de elevados activos específicos (Sørensen, 2007; García-Sánchez, 2008; Huang et al., 2011) que requieren un volumen importante de inversiones, lo cual suele dar lugar a una escasa competencia en la provisión del mismo (Carr et al., 2008).

Por este motivo, el servicio de recogida de residuos ha sido objeto de reformas organizativas con el principal objetivo de minimizar su coste (Abrate et al., 2014). El debate sobre la gestión pública o privada y su relación con el coste del servicio, ha sido ampliamente tratado en numerosos estudios (Hirsch, 1965; Stevens, 1978; Dubin y Navarro, 1988; Dijkgraaf y Gradus, 2003; Ohlsson, 2003; Bel y Fageda 2007, 2010; Bel y Warner 2008, 2010; Bel y Mur, 2009; Simões et al., 2012; Dijkgraaf y Gradus, 2013; Jacobsen et al., 2013; Zafra-Gómez et al., 2013; Bel et al., 2014). En la actualidad, ha tomado una especial relevancia debido a la necesidad de conocer qué forma de provisión de los servicios locales es más eficiente (Bel et al., 2014) al existir una amplia diversidad de formas de gestión bajo las cuales suele prestarse (Jacobsen et al., 2013). No obstante, la literatura más reciente añade otra cuestión: la gestión conjunta del servicio (Warner y Hebdon, 2001; Warner y Hefetz, 2002; Dijkgraaf y Gradus, 2003; Bel y Mur, 2009; Carr et al., 2009; Bel y Fageda, 2010; Dijkgraaf y Gradus, 2013; Zafra-Gómez et al., 2013).

En este sentido, las teorías que fundamentan el uso de las diferentes formas de gestión son muy variadas, entre las que destacan la teoría de la elección pública, costes de transacción, las teorías organizacionales, la teoría de los contratos incompletos o el aprovechamiento de economías de escala (Bel y Fageda, 2006, 2008; Simões et al., 2012; Zafra-Gómez et al., 2013). Así, la teoría de la elección pública sostiene que la ineficiencia de los servicios públicos viene dada básicamente por la monopolización de los servicios públicos (Savas, 1987) y porque los gestores públicos son decisores racionales que tratan de maximizar sus intereses personales (Niskanen, 1971). Las ventajas que la externalización de los servicios públicos trae en este contexto son fundamentalmente la introducción de competencia en la provisión de servicios (Warner, 2012) así como el ahorro en costes, favorecido por el hecho de que el sector privado puede prestar el servicio a unos costes de producción menores que el sector público (Bel y

Fageda, 2006; Wassenaar et al., 2010). A ello se añade la posibilidad que tiene el operador privado de prestar el mismo servicio en diferentes municipios, lo que favorece el reparto de los costes fijos entre los distintos puntos donde opera -economías de escala- y la reducción del coste del servicio en caso de que sea externalizado (Donahue, 1989). Con todo lo anterior, se propone el uso de la externalización como forma de reducir el nivel de coste de los servicios locales y conseguir mejores niveles de eficiencia (Bel y Fageda, 2008).

Sin embargo, la evidencia empírica no es clara (Bel y Warner, 2008 a,b) obteniéndose resultados dispares en este sentido. Por un lado, encontramos estudios que no obtienen diferencias significativas en costes del servicio de recogida de residuos respecto a la producción pública o privada (Hirsch 1965, Dijkgraaff y Gradus 2003, Bel y Costas 2006, Bel y Mur 2009, Bel y Fageda 2010). Por otro lado, encontramos estudios que muestran signos contrarios en la relación entre eficiencia y gestión privada del servicio, existiendo evidencias de que la gestión privada conlleva unos menores costes del servicio (Kitchen, 1976; Tickner and McDavid, 1986; Hodge 2000, Reeves and Barrow, 2000; Simões et al. 2012), así como de un mayor coste de la gestión privada, tales como los estudios de Stevens (1978) y Dubin y Navarro (1988) que encuentran la gestión privada más costosa cuando consideran la competencia en el servicio. Por su parte, los resultados de Ohlsson (2003) y Zafra-Gómez et al. (2013) sugieren que la producción privada del servicio no logra menores costes que la gestión pública.

Esta disparidad en los resultados es debida, por un lado, a que en la prestación de los servicios públicos sigue existiendo una falta de competencia (Girth et al., 2012; Hefetz y Warner, 2012; Warner, 2012). Autores como Littlechild (1988) y Rees (1998) sostienen que la falta de éxito de la externalización se debe fundamentalmente a la estructura del mercado en que se opera. En este sentido, la prestación del servicio de residuos sigue siendo un bien público, cuya

titularidad y responsabilidad recae sobre la administración, y cuya gestión puede ser contratada externamente, por lo que la competencia en el sector es escasa, debido prácticamente al monopolio sobre las infraestructuras del servicio de recogida de residuos (Warner y Bel, 2008; Girth et al., 2012).

Por otro lado, los diferentes resultados que arrojan estos estudios se fundamentan igualmente en la teoría de los contratos incompletos y por la presencia de costes de transacción que afectan a la propia negociación de los contratos (Bel y Fageda, 2006). La contratación externa del servicio de recogida de residuos requiere una adecuada regulación y estructura del mercado (Bel y Warner, 2008b). El ahorro en costes de la externalización del servicio de recogida de residuos se puede ver compensado por los costes de transacción que surgen como consecuencia de la complejidad que presenta la provisión de bienes y servicios públicos y, la no consideración de ciertos costes durante la negociación de los contratos relacionados con las actividades de gestión y seguimiento de los contratos (Brown et al., 2007, 2010; Rodrigues et al., 2012; Bel et al., 2014). Por tanto, la mejora de la eficiencia por parte de la introducción del operador privado puede verse compensada por los mayores costes que implica su contratación (Carr et al., 2008). Por el contrario, si el gobierno local prestara por sí mismo el servicio se requerirían elevadas inversiones, para lo que los municipios cuentan con limitados recursos y capacidades (Brown et al., 2012) lo que dificulta la prestación directa del servicio de recogida de residuos (Brown y Potoski, 2003; Shrestha y Feiock, 2011). Por consiguiente, a pesar de los costes de transacción de la contratación externa del servicio, los gobiernos locales podrían beneficiarse de un mayor ahorro en costes de producción al eludir las inversiones en activos específicos si acuden a la externalización del servicio (Carr et al., 2008).

Por otro lado, existen evidencias de que en los municipios de menor tamaño obtienen mejores resultados otras fórmulas alternativas a la externalización del servicio de recogida de residuos (Bel et al., 2014) ya que la externalización puede no ser adecuada para que el operador privado obtenga economías de escala en los municipios de menor tamaño (Kodryzski, 1994; Warner y Hefetz, 2003; Warner y Hebdon, 2001; Bel y Fageda, 2006). Esto es así, debido a que los pequeños y medianos municipios no logran alcanzar el tamaño adecuado para conseguir reducir el coste asociado al servicio (Bel y Fageda, 2006; Bel y Fageda, 2008; Mohr et al., 2010; Zafra-Gómez et al., 2013), ni tienen el poder de atracción suficiente para realizar contratos con operadores privados para la externalización del servicio (Kodryzski, 1994; Warner y Hefetz, 2003) por lo que estos municipios tienen menores posibilidades de externalizar el servicio (Bel et al., 2014). Asimismo, la contratación externa requiere una estricta formulación de contratos así como, una gran capacidad de control, ausentes en el caso de los pequeños y medianos municipios (Mohr et al., 2010). En este sentido, la cooperación intermunicipal o gestión conjunta se considera como una alternativa de la externalización (Kodryzski, 1994; Warner y Hebdon, 2001; Warner y Hefetz, 2003; Bel y Fageda, 2006, 2008; Mohr et al., 2010). Por este motivo, determinados municipios – normalmente vecinos – deciden operar bajo la forma de la cooperación intermunicipal, organizando la prestación del servicio de manera conjunta con la intención de explotar las economías de escala latentes, lo que supone el reparto de los costes de prestación del servicio entre diferentes entidades locales (Warner y Hefetz, 2003; Dijkgraaf et al., 2003; Warner, 2006; Zullo, 2009).

En concreto, los estudios de Bel y Fageda (2006, 2008) y Bel et al. (2014) revelan que los municipios con menor número de habitantes optan por la cooperación intermunicipal. Asimismo, estudios previos muestran que los municipios de menor tamaño obtienen ahorro en costes a

través de las fórmulas colaborativas o de cooperación (Bel y Mur, 2009; Zafra-Gómez et al., 2013).

Sin embargo, existe una alternativa para poder introducir en esta tipología de ayuntamientos la externalización, consistente en la externalización conjunta del servicio de aquellos municipios que hayan optado por la cooperación intermunicipal, lo que se conoce como gestión conjunta externalizada (Zafra-Gómez et al., 2013; Bel et al., 2014). Así, la configuración del servicio de recogida de residuos a través de esta fórmula se beneficiaría, por un lado, de la reducción del gasto que supone para cada uno de los municipios involucrados y, por otro, de las ventajas que supone la gestión de un operador privado, lo que conllevaría a un ahorro en costes y un aumento de la eficiencia superior que en otras fórmulas.

Combinándose así, se puede obtener un conjunto de cuatro alternativas de prestación del servicio, mejorando los trabajos estudiados hasta la fecha que identificaban normalmente gestión pública o privada. En concreto, en el presente estudio distinguimos como formas de prestación del servicio de recogida de residuos, la prestación directa por el municipio o gestión directa pública (PUB), la prestación externalizada o gestión externalizada (EXT), cooperación intermunicipal (IC) and gestión conjunta externalizada (COEXT) (Plata-Díaz et al. 2014).

Con todo lo anterior, es posible plantear un escenario en el que, a partir de una muestra amplia de ayuntamientos, poder refutar o no un conjunto de hipótesis relacionadas con los supuestos teóricos revisados anteriormente. Concretamente, planteamos dos grandes hipótesis: la primera, más general, relativa a las diferencias entre la externalización y la gestión pública y, la segunda, en función de las diferencias entre las formas de gestión según el tamaño del municipio. Así pues, las hipótesis que planteamos quedan redactadas de la siguiente forma:

H₁: La gestión externalizada (EXT) proporcionará mayores niveles de eficiencia que la gestión directa pública (PUB).

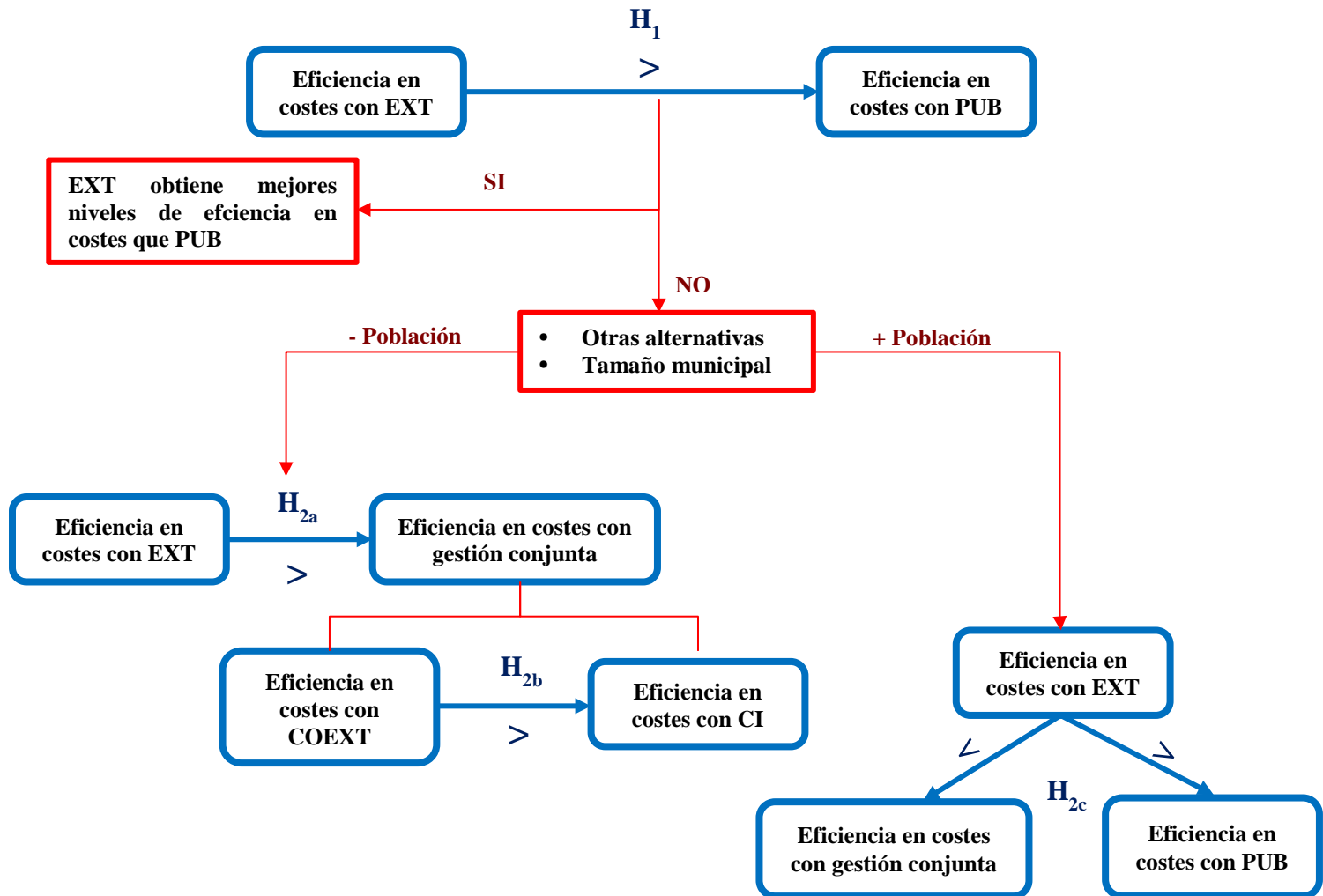
H_{2a}: En los municipios de menor tamaño, la gestión conjunta – cooperación intermunicipal y gestión conjunta externalizada (CI y COEXT) – proporcionará mayores niveles de eficiencia que la gestión externalizada (EXT).

H_{2b}: En los municipios de menor tamaño, la gestión conjunta externalizada (COEXT) ofrecerá mayores niveles de eficiencia que cooperación intermunicipal (CI).

H_{2c}: En los municipios de mayor tamaño, la gestión externalizada (EXT) proporcionará los mayores niveles de eficiencia.

A modo de resumen, la Figura 1 recoge la relación entre las diferentes hipótesis planteadas en este estudio. Donde se puede apreciar que el principal objetivo del presente trabajo es contribuir al análisis de la eficiencia en costes de las diferentes alternativas de gestión del servicio de recogida de residuos, poniendo de manifiesto, por un lado, las diferencias existentes entre las distintas alternativas y, por otro, señalando qué forma de gestión obtiene mejores niveles de eficiencia, distinguiéndose a su vez qué forma resulta más conveniente según el número de habitantes que tenga el municipio.

Figura 1. Relación entre eficiencia en costes y formas de gestión: hipótesis.



Fuente: Elaboración propia

Formas de gestión del servicio de recogida de residuos y eficiencia: el uso de la metafrontera

En concreto, para dar respuesta a las hipótesis planteadas, optamos por aplicar el concepto de metafrontera desarrollado por Battese y Rao (2002) y Battese et al. (2004) por el que la eficiencia de las unidades de producción o DMUs (*decision making units*) que operan bajo una determinada tecnología no se compara con la de aquellas otras unidades que operan bajo otras formas de provisión del servicio. En este sentido, estudios previos ponen de manifiesto que

existen diferencias en los niveles de eficiencia cuando los municipios aplican diferentes diseños operativos (Balaguer-Coll et al., 2012; Simões et al., 2012). Entendiendo por tanto, que existen diferencias intrínsecas a cada forma de gestión que dificultan la comparabilidad de la eficiencia de los municipios que gestionen el servicio de recogida de residuos de manera individual de los que cooperan con otros municipios, ni si la gestión es pública o privada.

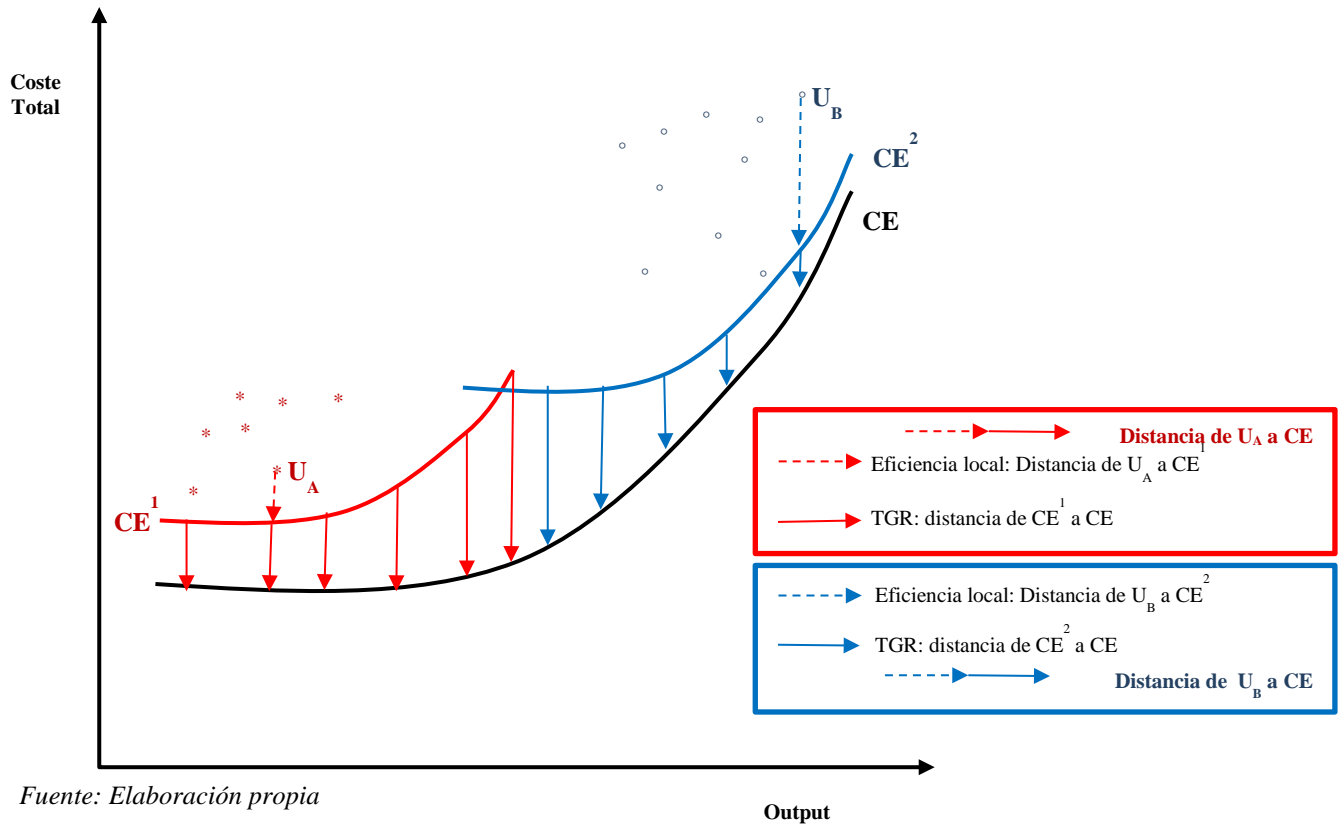
La figura 2 representa un ejemplo de la aplicación del concepto de metafrontera para el caso específico de la minimización del coste total para un único output. Podemos apreciar que, al aplicar el concepto de metafrontera, se obtienen distintas fronteras de eficiencia para cada una de las agrupaciones consideradas (fronteras locales, CE^k). Así, los valores de la eficiencia en costes son estimados para cada unidad perteneciente a cada frontera local, por lo que las unidades de producción que operan bajo unas mismas características operativas son comparadas entre sí.

Adicionalmente, se obtiene una frontera homogénea (metafrontera, CE) para todas las unidades. Por lo que la metafrontera puede considerarse como un paraguas que incluye las diferentes fronteras de cada tecnología (Rao et al., 2003) y que sirve como punto de referencia para obtener el *technology gap ratio* (TGR^k) (Battese y Rao, 2002; Battese et al., 2004; O'Donnell et al., 2008) que representa el menor coste posible para cada unidad de producción dado un determinado nivel de output¹.

$$TGR^k = \frac{CE}{CE^k}$$

¹ Para un determinado nivel de output, TGR se define como el menor coste posible de la metafrontera dividido por el menor coste total de la frontera local.

Figura 2. Separación de fronteras y metafrontera



Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, del análisis del *technology gap ratio* sería posible determinar qué forma de gestión se encuentra más cercana a la metafrontera y por tanto, resultaría más aconsejable para lograr menores niveles de coste, esto es, mejores niveles de eficiencia (Figura 2).

Asimismo, según se desprende del gráfico, las unidades pertenecientes a una determinada tecnología pueden estar más o menos alejadas de su frontera local (CE^k), determinando el ahorro en costes que las unidades pueden conseguir con motivo de su propia gestión, esto es, su eficiencia local.

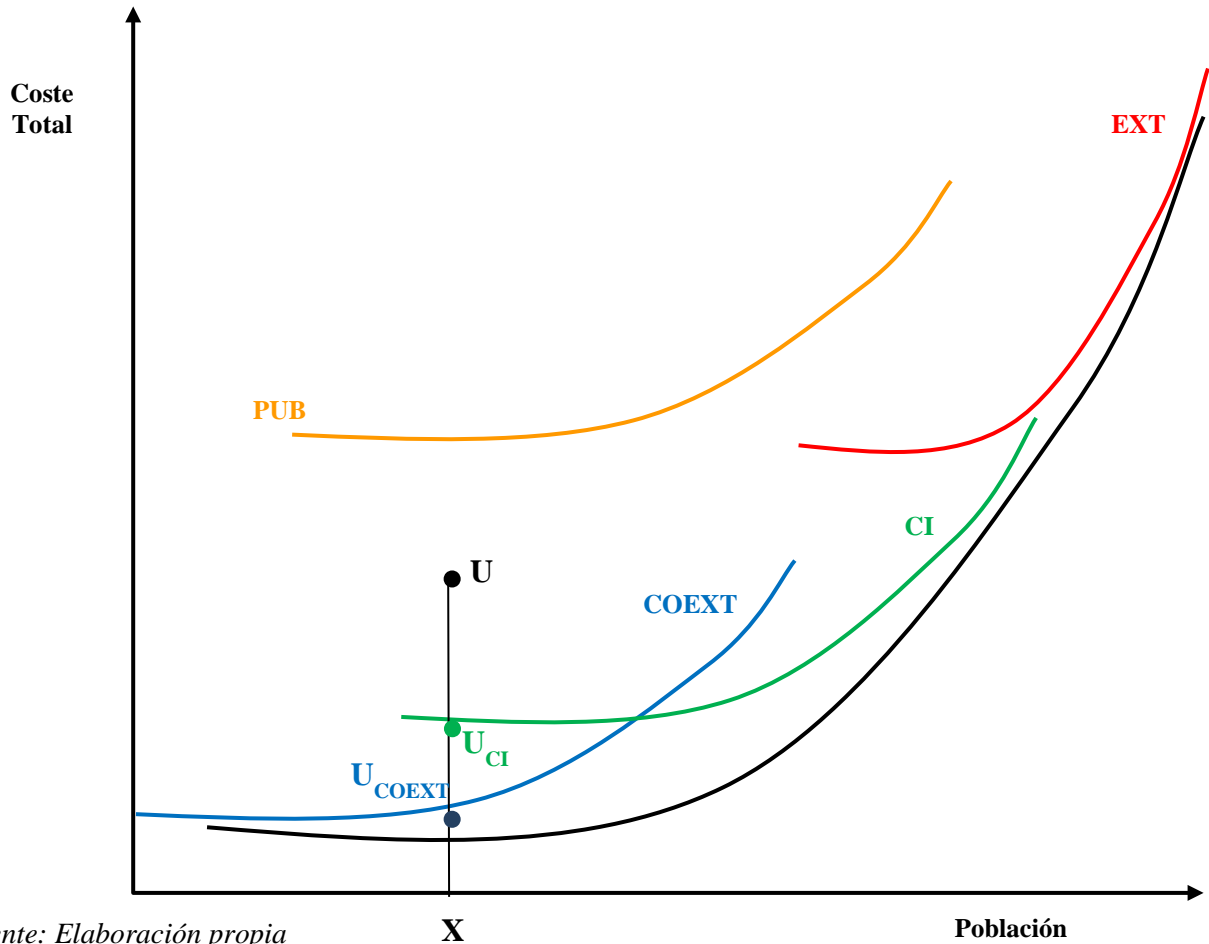
De esta forma, si la unidad U_A pertenece al grupo CE¹ el ratio que mide la distancia desde U_A hasta CE¹ refleja la eficiencia en costes dentro de su propio grupo; mientras que la distancia desde CE¹ hasta CE determina la eficiencia en costes derivada de la pertenencia al grupo CE¹

(TGR¹). Conjuntamente, ambas distancias representan la distancia total hasta la metafrontera de la unidad U_A.

En este sentido, si descomponemos el valor global de la eficiencia en la metafrontera como el producto de la eficiencia local por el *technology gap ratio* es posible apreciar la eficiencia derivada de la gestión del municipio (eficiencia local) y la eficiencia derivada de la forma de gestión (TGR^k). Por lo que, tal y como se puede apreciar en la Figura 2, la unidad U_B, a pesar de la escasa distancia de su frontera local (CE²) a la metafrontera (CE), encontrará más difícil mejorar su posición respecto a su frontera local (desde U_B hasta CE²) que la unidad U_A respecto a su frontera local (CE¹). Así la ineficiencia de la unidad U_B viene originada principalmente por la gestión interna del municipio, y no por la forma de gestión del servicio como sucede en el caso de la unidad U_A.

Con todo ello, sería posible identificar qué forma de gestión sería más recomendable para cada tipo de municipio, con el fin de conseguir mejoras en la eficiencia en costes en el servicio de recogida de residuos a través de un cambio en la forma de gestión del servicio. En este sentido, como se refleja en la Figura 3, un municipio con X habitantes que hubiera optado por la cooperación intermunicipal (CI) lograría obtener mejores resultados si adoptara la gestión conjunta externalizada (COEXT). El mínimo nivel de costes al que podría optar ese municipio viene determinado por la frontera local de la cooperación intermunicipal (distancia desde U a U_{CI}), siendo este el mínimo nivel de costes que el municipio U podría conseguir si lograra mejorar su propia gestión. Sin embargo, si operase bajo la forma de gestión alternativa – en este caso cooperación intermunicipal externalizada – podría optar a la eficiencia determinada por la frontera de esta tecnología, es decir una reducción de los costes hasta U_{COEXT} y beneficiarse de una mejora sustancial en la eficiencia (desde U_{CI} a U_{COEXT}).

Figura 3. Diferencias teóricas en la eficiencia de las alternativas de gestión de los servicios públicos locales



Fuente: Elaboración propia

Además, para el cálculo de los valores de la eficiencia en costes tanto de la metafrontera como de las fronteras locales proponemos el uso la aplicación de fronteras en orden- m (Cazals et al., 2002; Daouia y Simar, 2007). Una de las principales ventajas de la evaluación frontera, frente a los estudios previos que realizan una estimación del coste total del servicio de recogida y tratamiento de residuos, es que no depende de una función de producción apriorística para determinar los outputs en función de unos inputs (Simões et al., 2012; Rogge y De Jaeger, 2013).

En concreto, existen diferentes técnicas de cálculo de fronteras no paramétricas. En la estimación de los modelos de metafrontera ha sido tradicionalmente aplicado DEA. No obstante,

el uso de esta técnica no ofrece resultados satisfactorios debido a su naturaleza determinística (De Witte y Marques, 2010) y los problemas de dimensionalidad que afecta a los resultados obtenidos por DEA (Balaguer-Coll et al., 2012; Simões et al., 2012). Específicamente, al incluir todas las posibles combinaciones de inputs y outputs, las estimaciones que ofrece el método DEA son extremadamente sensibles a la presencia de *outliers* (Daouia y Simar, 2007). Asimismo, esta metodología asume la ausencia de errores estadísticos (De Witte y Marques, 2010; Rogge y De Jaeger, 2013). Como alternativa para solventar estas limitaciones, las fronteras parciales no paramétricas permiten considerar observaciones más allá de la frontera de eficiencia estimada, lo que la hace una técnica adecuada para controlar la posible presencia de *outliers* (Simar y Wilson, 2008). En concreto, la frontera en orden- m calcula los valores de eficiencia de una DMU comparándola con una sub-muestra de m pares, a diferencia del DEA que compara una DMU con la mejor unidad de la muestra al completo.

Asimismo, las fronteras en orden- m pueden calcularse con orientación al *input*, *output*, coste o ingreso. Dada la naturaleza de nuestras unidades objeto de estudio, en este caso optamos por la orientación al coste, ya que resulta más adecuado evaluar la eficiencia de los municipios en términos de minimización del coste debido fundamentalmente a que los *outputs* son determinados principalmente de manera externa al municipio y a la difícil determinación del precio de los inputs y de los outputs en la administración local (Cherchye et al., 2014).

Así, el algoritmo utilizado para estimar los coeficientes de eficiencia para la frontera en orden- m , considera un número positivo entero fijo m ; de manera que para un determinado nivel de input (x_0) y output (y_0), la estimación considera m unidades de producción aleatorias con variables output ($Y_1, \dots, Y_s, \dots, Y_m$), derivados de la distribución de la matriz de outputs Y que

cumplen la condición $Y_s \geq y_0$. Siguiendo a Daraio y Simar (2007), aplicamos los siguientes pasos:

1. Para un determinado nivel de y_0 , se crea una sub-muestra de tamaño m con reemplazo entre las y_{sm} que cumplen la siguiente condición $y_{sm} \geq y_0$.
2. El coeficiente de eficiencia $\tilde{\alpha}_s$ es estimado a partir de esta sub-muestra aleatoria y la resolución de problemas no convexos de programación entera FDH (*Free Disposal Hull*).
3. Los dos primeros pasos se repiten B veces, siendo estimado un coeficiente de eficiencia FDH en cada ronda, de manera que al final del proceso se obtienen B coeficientes de eficiencia $\tilde{\alpha}_s^b$ ($b = 1; 2; \dots; B$).
4. Finalmente, se calcula un valor central² (la media aritmética) de los B coeficientes de eficiencia estimados como:

$$\alpha_s^m = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \tilde{\alpha}_s^b$$

Así, por aplicación de las fronteras en orden- m , estimamos tanto la metafrontera como una frontera robusta por cada tecnología considerada, calculando los coeficientes de eficiencia de los municipios $(\alpha_s^{m,S_1}, \alpha_s^{m,S_2}, \alpha_s^{m,S_3}, \alpha_s^{m,S_4})$ incluidos en cada uno de los grupos considerados (S_1, S_2, S_3, S_4) , obteniendo cuatro fronteras locales, una por cada una de las formas de gestión

² Debido al reemplazo aleatorio, las fronteras en orden- m pueden obtener coeficientes de eficiencia más allá de la frontera estimada, por lo que junto al hecho de aplicar una orientación al coste, una observación será supereficiente cuando alcance $\alpha_s^m > 1$. Además, $\tilde{\alpha}_s^b$ depende del valor de m , por lo que cuanto mayor sea m , más observaciones son consideradas en la estimación y por tanto más DMUs lograrán cumplir la condición $y_{sm} \geq y_0$. Por lo que cuando $m \rightarrow \infty$ los coeficientes de eficiencia obtenidos por aplicación de la metodología de orden- m convergerá con los coeficientes FDH. Además, la calidad de la aproximación puede ser ajustada incrementando B . Aunque en la mayoría de las aplicaciones es razonable usar $B = 200$ (Balaguer-Coll et al., 2012) en el presente trabajo, consideramos $B = 2,000$ como sugieren De Witte y Geys (2013).

consideradas en el estudio: la gestión pública directa, la gestión externalizada, la cooperación intermunicipal y la gestión conjunta externalizada.

A continuación, procedemos a estimar los coeficientes de eficiencia de la metafrontera (α_S^m) y los *technology gap ratios* (TGR^k) como los cocientes: $\frac{\alpha_S^m}{\alpha_S^{m,S_1}}, \frac{\alpha_S^m}{\alpha_S^{m,S_2}}, \frac{\alpha_S^m}{\alpha_S^{m,S_3}}, \frac{\alpha_S^m}{\alpha_S^{m,S_4}}$.

Además, con la finalidad de facilitar la comparación de los resultados, evitar problemas de dimensionalidad y neutralizar la influencia de los *outliers*, asignamos el mismo valor de m para todas las estimaciones, independientemente del número de unidades incluidas en cada uno de los grupos considerados. Según Daraio y Simar (2005) el valor de m es el valor por el que el porcentaje de DMUs supereficientes decrece marginalmente con un incremento de m ; no obstante, utilizar el mismo valor de m cuando el tamaño de los grupos es diferente presenta el inconveniente de que en aquellos grupos con mayor número de unidades se obtendrán más unidades supereficientes. Utilizar un valor de m variable representaría la solución a dicha limitación, sin embargo, no podrían compararse las estimaciones realizadas al no fijar la misma base de comparación de los diferentes grupos. Por este motivo, tras un análisis de sensibilidad con distintos valores de m (50, 60 y 70) observamos cierta convergencia en los resultados para $m=50$ y decidimos realizar todas las estimaciones fijando dicho parámetro. No obstante, dado que en la estimación de la metafrontera se utiliza el total de unidades realizamos otro análisis de sensibilidad para $m=50, 60, 70, \dots, 250$, a partir del cual obtenemos cierta convergencia en los resultados a partir de $m=200$, motivo por el cual aplicamos dicho valor en la estimación de la metafrontera.

Para finalizar, y con el fin de completar los cálculos realizados y profundizar en el estudio de los diferentes niveles de eficiencia por cada forma de gestión, aplicamos diferentes

pruebas estadísticas. En primer lugar, aplicamos la prueba de Kruskal-Wallis para asegurarnos de que existen diferencias en la eficiencia estimada de los distintos grupos creados (coincidentes con cada una de las fronteras locales que representan distintas formas de gestión). El test Kruskal-Wallis es un método no paramétrico que no requiere suponer la existencia de una distribución normal de las variables analizadas y que sirve para comparar si dos o más muestras son independientes (no relacionadas). Sin embargo, esta prueba no identifica cuáles son esas diferencias entre las muestras. Por dicho motivo, aplicamos en segundo lugar la prueba U de Mann-Whitney, que es una prueba no paramétrica que contrasta la independencia de dos muestras, cuya hipótesis nula es si la diferencia entre dos muestras es igual a cero. Por último, comparamos las distribuciones de los distintos grupos a través del test de Li (Li, 1996), que mide la distancia entre dos funciones de densidad a través de la media integrada del error al cuadrado de las funciones (Balaguer-Coll et al., 2010; Zafra-Gómez y Muñiz, 2010).

Midiendo la eficiencia de las formas de gestión del servicio de recogida de residuos para el caso español

a) Datos

En España, la recogida y tratamiento de los residuos es un servicio público local de obligada prestación para todos los municipios³, los cuales pueden establecer la forma de gestión de dicho servicio que crean más conveniente. Así pues, las diferentes fórmulas contempladas en este estudio, aplicables al caso español, son: prestación directa por el municipio, gestión externalizada, cooperación intermunicipal y gestión conjunta externalizada (Warner y Bel, 2008; Plata-Díaz et al. 2014).

³ Obligación establecida en el artículo 26 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local, modificado por la Ley 27/2013, de 27 de diciembre, de racionalización y sostenibilidad de la Administración Local.

Para alcanzar el objetivo planteado en este estudio contamos con una amplia base de datos para los años 2004, 2006, 2008 y 2010, compuesta por 771 ayuntamientos españoles con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes⁴, que representa el 37,32% del total de los municipios españoles con esa población. En este sentido, tenemos que señalar que la restricción a los municipios con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes obedece a la falta de disponibilidad de datos para los municipios con una población inferior a 1.000 habitantes así como de datos relativos a la gestión del servicio de recogida de residuos (outputs) para los municipios con una población superior a 50.000 habitantes.

La Tabla 1 recoge la descripción y fuente de las variables incluidas en el cálculo de la eficiencia en costes para el servicio municipal de recogida de residuos cuyos estadísticos descriptivos se recogen en el Apéndice 1.

Tabla 1. Servicio de recogida de residuos: *input* y *outputs*

Variable	Definition	Source
Coste Total	Gasto presupuestario municipal obtenido de la clasificación funcional del presupuesto de cada uno de los municipios incluidos en la muestra: categoría 442. <i>Recogida de basuras y limpieza viaria</i> que ha sido previamente utilizada en diversos estudios (Benito-López et al., 2011; Zafra-Gómez et al., 2013) para los años 2004, 2006 y 2008. Debido a la aplicación de una nueva clasificación por programas de los presupuestos municipales (O. EHA/3565/2008, de 3 de diciembre), para el año 2010 es utilizado el equivalente compuesto por los programas 162. <i>Recogida, eliminación, tratamiento de residuos</i> y 163. <i>Limpieza viaria</i> .	Oficina Virtual de Coordinación Financiera con las Entidades Locales, Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas
Toneladas de residuos	Producción anual de residuos expresada en toneladas/año.	Encuesta de Infraestructuras y Equipamiento
Toneladas de residuos*calidad	Producción anual de residuos expresada en toneladas/año corregida por el índice de calidad del servicio, que mide la adecuación o no del servicio.	Local, Ministerio de
Nº de	Número de contenedores que figuran en las vías públicas de los	Administraciones

⁴ El dato de la población ha sido tomado del Anuario Estadístico de La Caixa.

contenedores municipios, para cada tipo de recogida de residuos urbanos. Públicas

Fuente: Elaboración propia a partir de Oficina Virtual para la Coordinación Financiera con las Entidades Locales y Encuesta de Equipamiento e Infraestructura local (EIEL)

Asimismo, con el fin de analizar la eficiencia del servicio de recogida de residuos según las distintas formas de gestión, se ha procedido a clasificar a los municipios en cuatro categorías según los estudios realizados por Zafra-Gómez et al. (2013), Bel et al. (2014) y Plata-Díaz et al. (2014): gestión directa pública (PUB), gestión externalizada (EXT), cooperación intermunicipal (IC) y gestión conjunta externalizada (COEXT). Para ello hemos consultado la información contenida en la Oficina Virtual para la Coordinación Financiera con las Entidades Locales del Ministerio de Hacienda y Administración Pública, los boletines oficiales de la provincia y las páginas webs de los municipios. La tabla 2 recoge la descripción de cada una de las categorías.

Tabla 2. Formas de gestión del servicio de recogida de residuos

Categoría	Concepto
Gestión directa pública (PUB)	Gestión del servicio a través del propio municipio o a través de ente público o empresa pública dependiente del municipio
Gestión externalizada (EXT)	Gestión contratada a un ente privado a nivel individual
Cooperación intermunicipal (IC)	Gestión conjunta por varios ayuntamientos a través de una entidad pública creada a tal fin (consorcios y mancomunidades) o a través de la cesión de la gestión a una entidad pública supralocal (diputaciones)
Gestión conjunta externalizada (COEXT)	Gestión conjunta entre varios municipios contratada externamente a un ente privado

Fuente: Elaboración propia a partir de Zafra-Gómez et al. (2013), Bel et al. (2014) y Plata-Díaz et al. (2014).

b) Resultados

Para contrastar la primera de las hipótesis planteadas que recoge la totalidad de los municipios de la muestra, se estiman los coeficientes de eficiencia en costes para cada municipio tanto para su frontera local (CE^k) como para la metafrontera (CE) y, se calcula el *technology gap ratio*. A continuación, procedemos a aplicar la prueba de Kruskal-Wallis para comprobar si la

eficiencia de las distintas categorías de formas de gestión difiere entre sí, siendo la hipótesis nula a contrastar la igualdad en la mediana de la eficiencia de los k grupos. Por tanto, aplicamos este test a los coeficientes de eficiencia en costes de los municipios obtenidos para su frontera local (CE^k) (Tabla 3). Del análisis de los resultados rechazamos la hipótesis nula al nivel de significatividad del 99% para todos los años considerados, a excepción del año 2010, lo que significa que la eficiencia en costes de cada una de las categorías consideradas es diferente entre sí, salvo para el último año considerado.

Tabla 3. Prueba de Kruskal-Wallis para las fronteras locales según las diferentes formas de gestión y año

Grupos de comparación: PUB – EXT – IC – COEXT				
	2004	2006	2008	2010
Chi-squared	101.211	111.949	198.050	3.386
Grados de libertad	3	3	3	3
<i>p</i> -value	0.0001	0.0001	0.0001	0.3359

Resultados obtenidos a través de Stata 12

A continuación, procedemos a realizar las pruebas U de Mann-Whitney (o Wilcoxon-Mann-Whitney) y test de Li ya que la prueba Kruskal-Wallis no identifica cuáles son esas diferencias entre las distintas categorías, recogándose los resultados de los tests en el Apéndice 2. En este sentido, los resultados de ambas pruebas son muy consistentes, indicando que existen diferencias entre los niveles de eficiencia de las distintas formas de gestión excepto únicamente para dos de ellas. Para el año 2010, como ya habíamos obtenido previamente con la prueba de Kruskal-Wallis, no existen diferencias significativas entre las distintas formas de gestión.

Por tanto, observamos que existen diferencias importantes entre las distintas formas de gestión, por lo que el ahorro en costes en el servicio de gestión de residuos dependerá de la forma de prestación del servicio.

Una vez concluido que existen diferencias en los niveles de eficiencia de cada forma de gestión, pasamos a analizar los resultados obtenidos en las estimaciones para cada una de las formas de gestión consideradas en el estudio, con la intención de identificar la forma de gestión más eficiente para el servicio de recogida de residuos. La tabla 4 recoge, para cada año, los principales resultados de las estimaciones de las fronteras en orden- m para cada una de las fronteras locales (CE^k), representativas de las diferentes formas de gestión del servicio de recogida de residuos así como la metafrontera (CE) y el *techonology gap ratio* (TGR^k) para cada una de las formas de gestión consideradas.

De un primer análisis de los resultados de los valores en la metafrontera (CE) y de las fronteras locales (CE^k), podemos apreciar que los valores medios de la eficiencia en costes son relativamente bajos para todas las formas de gestión. Igualmente el porcentaje de unidades eficientes (municipios cuya eficiencia es igual a 1) es también bajo. No obstante, la aplicación de las fronteras en orden- m permite obtener unidades supereficientes como demuestran los valores máximos⁵, que como puede apreciarse en la tabla, distan ampliamente de los valores mínimos, lo que implica diferencias entre los municipios pertenecientes a una misma forma de gestión.

Tabla 4. Eficiencia en costes de las formas de gestión del servicio de recogida de residuos por año

Formas de gestión		Obs.	Media	Mínimo	Máximo	% Eff. Obs ⁵
Año: 2004***						
PUB	CE	153	0.126	0.003	1.175	1.96
	CE^k		0.314	0.007	1.324	3.92
	TGR		0.526	0.020	1.003	
EXT	CE	282	0.114	0.007	1.000	4.61
	CE^k		0.204	0.007	1.302	4.26

⁵ A diferencia del análisis de fronteras estocásticas (SFA) según la cual la metafrontera incluye los puntos más eficientes de cada una de las fronteras locales (Battese y Rao, 2002), los valores en la metafrontera obtenida por aplicación de fronteras en orden- m no tienen por qué coincidir con los valores más eficientes de cada una de las fronteras locales, al permitir puntos supereficientes más allá de la metafrontera y de las fronteras locales.

CI	TGR		0.605	0.074	1.000	
	CE	259	0.137	0.007	1.223	2.32
	CE ^k		0.300	0.009	1.621	5.02
COEXT	TGR		0.525	0.016	1.000	
	CE	77	0.198	0.013	1.916	2.6
	CE ^k		0.599	0.051	1.509	16.88
Año: 2006***						
PUB	CE	144	0.092	0.001	1.003	4.17
	CE ^k		0.440	0.015	1.292	6.94
	TGR		0.175	0.013	1.003	
EXT	CE	282	0.089	0.002	1.021	3.19
	CE ^k		0.205	0.004	2.673	4.61
	TGR		0.477	0.060	1.000	
CI	CE	260	0.135	0.002	2.147	4.23
	CE ^k		0.259	0.002	2.730	4.62
	TGR		0.593	0.010	1.000	
COEXT	CE	85	0.109	0.002	1.385	2.35
	CE ^k		0.487	0.002	1.140	7.06
	TGR		0.379	0.015	1.319	
Año: 2008***						
PUB	CE	132	0.081	0.002	1.000	3.03
	CE ^k		0.668	0.015	1.828	6.82
	TGR		0.109	0.013	1.000	
EXT	CE	299	0.091	0.002	1.045	3.34
	CE ^k		0.209	0.006	1.924	5.02
	TGR		0.480	0.018	1.000	
CI	CE	253	0.131	0.001	1.477	3.16
	CE ^k		0.240	0.001	1.682	5.93
	TGR		0.686	0.013	1.000	
COEXT	CE	87	0.124	0.002	3.088	1.15
	CE ^k		0.484	0.006	1.806	10.03
	TGR		0.213	0.011	1.710	

***Resultados reportados para las formas de gestión que han obtenido nivel de significatividad del 99% en la prueba Kruskal Wallis

CE: Metafrontera

CE^k: Frontera local

TGR: Technology gap ratio

PUB: Gestión directa pública

EXT: Gestión externalizada

CI: Cooperación intermunicipal

COEXT: Gestión conjunta externalizada

Como primera aproximación para determinar qué forma de gestión es la más adecuada en la provisión del servicio de recogida de residuos, analizamos el *technology gap ratio*, que viene medido para cada municipio por el cociente del valor de la eficiencia en la metafrontera entre el

valor de la eficiencia en la frontera local $(\frac{\alpha_S^m}{\alpha_S^{m,Sk}})$. Por lo que, para valores cercanos a 1, la distancia entre la frontera de la forma de gestión específica (frontera local) y la metafrontera es mínima, mientras que valores inferiores a la unidad representan una mayor distancia entre dichas fronteras. Por tanto, la forma de gestión más cercana a la metafrontera será aquella que presente por término medio el mayor TGR.

En concreto, encontramos que la cooperación intermunicipal (CI) y gestión externalizada (EXT) son las formas de gestión que obtienen un mayor *technology gap ratio* (EXT₂₀₀₄: 0.605; CI_{2006, 2008}:0.593 y 0.686). Por el contrario, cuando analizamos qué forma de gestión se encuentra más alejada de la metafrontera, encontramos que en 2004 por término medio la gestión conjunta externalizada obtiene menor TGR (COEXT₂₀₀₄: 0.398), mientras que en 2006 y 2008 el menor valor medio del TGR se corresponde con gestión directa pública (PUB_{2006, 2008}: 0.175, 0.109). De igual modo, estos resultados pueden observarse en los gráficos recogidos en el Apéndice 3 que reflejan la evolución de la distancia media de la frontera local de cada forma de gestión a la metafrontera (TGR). En este caso, si observamos el área sombreada en blanco, delimitada desde el origen hasta TGR=1, podemos apreciar que, por término medio para todos los años observados, la gestión conjunta externalizada (COEXT) y la gestión directa pública (PUB) son las formas de gestión más ineficientes (por tanto el área es mayor), mientras que la cooperación intermunicipal (CI) se mantiene más cercana a la metafrontera. Igualmente, en estos gráficos es posible observar la presencia de unidades supereficientes cuando el *technology gap ratio* alcanza valores superiores a la unidad.

Por otra parte, atendiendo a los valores medios de las fronteras locales (CE^k) encontramos que, sin embargo, los municipios que implantan gestión conjunta externalizada (COEXT) y

gestión directa pública (PUB) obtienen mejores resultados que el resto de formas de gestión (COEXT_{2004, 2006}: 0.599, 0.487; PUB₂₀₀₈: 0.678). De ello se deriva que dentro de cada una de estas dos formas de gestión, los valores de eficiencia de cada municipio están más cercanos por término medio a su frontera local que en el resto de las formas de gestión. Lo que significa que los municipios que aplican estas formas de gestión obtienen unos coeficientes de eficiencia en costes similares a los municipios que determinan la frontera local de cada una de esas formas de gestión y que resultan ser, por tanto, los municipios más eficientes.

El caso contrario lo representa la gestión externalizada (EXT) cuya eficiencia media local (CE^k) para los años 2004, 2006 y 2008 es aproximadamente el 20%, con lo que la eficiencia de los municipios que aplican dicha forma de gestión está más alejada de su respectiva frontera local existiendo más dispersión entre los elementos del grupo, de modo que solamente unos pocos gestionan el servicio de manera eficiente. Resultados similares obtiene la cooperación intermunicipal (CI: 0.300, 0.259, 0.240), indicando que a pesar de que según el análisis del TGR era la forma de gestión más cercana a la metafrontera, los coeficientes de eficiencia en costes de los municipios que aplican esta forma de gestión se encuentran más alejados de su frontera local.

En resumen, los municipios que aplican gestión conjunta externalizada (COEXT) y gestión directa pública (PUB) obtienen unos niveles de eficiencia más homogéneos entre sí y cercanos a su frontera local. Pero, estas formas de gestión no logran alcanzar los mejores niveles de eficiencia para el servicio de recogida de residuos ya que al analizar el *technology gap ratio* encontramos que existen municipios que son capaces de hacerlo mejor con otra forma de gestión.

Por tanto, del análisis del TGR no podemos aceptar la hipótesis planteada de que la externalización favorece mejores niveles de eficiencia que las fórmulas públicas (H_1), ya que de

los resultados obtenidos únicamente un año la gestión externalizada (EXT) obtiene una eficiencia media en costes ligeramente superior a la cooperación intermunicipal, que es principalmente la fórmula más eficiente.

Así, dado que no podemos aceptar la primera de las hipótesis y tal y como se planteó en la Figura 1, pasamos a analizar qué forma de gestión del servicio de recogida de residuos es más adecuada según el tamaño poblacional del municipio. La variabilidad de los resultados anteriores unido a que la literatura sugiere que la cooperación intermunicipal es utilizada en mayor medida por los ayuntamientos de menor tamaño, nos proporciona evidencia empírica de que este tipo de estudios se encuentra influenciado por el tamaño poblacional. Por este motivo, pasamos a contrastar las hipótesis H_{2a} , H_{2b} y H_{2c} , para lo que presentamos la Tabla 5 donde se recoge – para el conjunto de años de estudio – un resumen de los resultados obtenidos, que se presentan en el Apéndice 4b.

La Tabla 5 presenta, en concreto, el valor medio del TGR de cada forma de gestión distinguiendo tres tramos poblacionales⁶: de 1.000 a 5.000, de 5.001 a 20.000 y de 20.001 a 50.000 habitantes⁷, ordenado según el valor medio obtenido. De manera que para cada año, cada forma de gestión recibe una calificación desde A a D, según el valor medio de TGR obtenido (valores numéricos recogidos en el Apéndice 4b).

⁶ El estudio es aplicado a los municipios con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes. La clasificación por tramos poblacionales se realiza en base al Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales.

⁷ El dato de población utilizado para clasificar a los municipios ha sido obtenido a través de Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Anuario estadístico de ‘La Caixa’.

Tabla 5. TGR de las formas de gestión según tamaño poblacional en base al tamaño poblacional.

Tamaño / Año Formas de gestión	1.000≤Población≤5,000			5,001≤ Población ≤20.000			20,001≤ Población ≤50.000		
	2004***	2006***	2008***	2004***	2006***	2008***	2004***	2006***	2008***
PUB	C	D	D	C	D	D	B	C	C
EXT	D	C	C	A	B	B	A	A	A
IC	B	B	A	B	A	A	C	B	B
COEXT	A	A	B	D	C	C	D	D	D

*** Resultados reportados para las formas de gestión que han obtenido nivel de significatividad del 99% en la prueba Kruskal Wallis (resultados para el test en el Apéndice 4a)

A: Mayor *technology gap ratio* (TGR)

D: Menor *technology gap ratio* (TGR)

En el caso de los municipios pertenecientes al primer tramo de población, la menor distancia entre las fronteras locales y la metafrontera se corresponde con las fórmulas de cooperación intermunicipal. En concreto, el TGR de la gestión conjunta externalizada (COEXT) presenta los valores más altos en 2004 y 2006 (0.848 y 0.747) y el segundo valor más alto en el año 2008, después de la cooperación intermunicipal (CI) que obtiene un mayor TGR (0.83). Además, en el caso de la gestión conjunta externalizada (COEXT) obtiene el valor más alto en la metafrontera en los tres períodos considerados (Apéndice 4b: 0.374, 0.107 y 0.220), lo que pone de manifiesto que por término medio estos municipios son más eficientes que el resto. Además, para este tamaño poblacional, los resultados sugieren que las fórmulas de gestión directa pública (PUB) y externalizada (EXT) son menos adecuadas para la gestión del servicio de recogida de residuos.

Por otro lado, es posible apreciar que las dos formas de gestión que obtienen el mayor TGR para los municipios con una población comprendida entre 5.001 y 20.000 habitantes, son la gestión externalizada (EXT) y la cooperación intermunicipal (CI). Siendo ligeramente mayor el TGR de la gestión externalizada en el año 2004 (EXT_{2004} : 0.572), mientras que para los años

2006 y 2008, la fórmula de cooperación intermunicipal (CI) es más eficiente en costes ($CI_{2006, 2008}$: 0.581 y 0.676). En este caso, tanto la gestión directa pública como la gestión conjunta externalizada obtienen los niveles de eficiencia menores.

Finalmente, para los municipios de mayor tamaño – entre 20,001 y 50.000 habitantes– la forma de gestión más cercana a la metafrontera es la gestión externalizada (EXT), consiguiendo los valores más elevados de TGR (0.893, 0.829 y 0.822). Por lo que, la externalización es la forma de gestión que obtiene mejores niveles de eficiencia, aunque los municipios que aplican dicha forma de gestión están más alejados de su propia frontera local, ya que obtienen los menores niveles de eficiencia en costes en la frontera local (CE^k), lo que pone de manifiesto que, dentro de los municipios con una población comprendida entre los 20.001 y 50.000 habitantes que gestionan el servicio de recogida de residuos bajo la gestión externalizada, existen grandes diferencias en términos de eficiencia entre los municipios que logran alcanzar los mejores valores de eficiencia (municipios que conforman la frontera local) y el resto. Por su parte, la cooperación intermunicipal (CI), aunque es la segunda forma de gestión más cercana a la metafrontera, obtiene un TGR medio muy inferior a la gestión externalizada (EXT). Por último, para los municipios con este tamaño poblacional la fórmula que resulta obtener menores niveles de eficiencia es la gestión conjunta externalizada (COEXT), seguida de la gestión directa pública (PUB).

En suma, de los resultados se desprende que la eficiencia de las distintas formas de gestión del servicio de recogida de residuos depende del tamaño del municipio en el que se aplica. Así pues, aunque la fórmula de la cooperación intermunicipal (CI) es relativamente buena para todos los tamaños, para los municipios del primer y último tramo de población, las fórmulas

de la gestión conjunta externalizada and gestión externalizada obtienen mejores resultados respectivamente en cada tramo.

En este sentido, como sugieren Bel y Mur (2009), Zafra et al. (2013) y Bel et al. (2014) los municipios de menor tamaño pueden obtener ahorro en costes, y por tanto mejorar la eficiencia de la gestión del servicio de recogida de residuos, cuando se presta a través de la gestión conjunta, aceptando las hipótesis H_{2a} . Concretamente, obtenemos que en los municipios de menor tamaño (hasta 20.000 habitantes), la gestión conjunta es una alternativa más recomendable que la externalización del servicio, ya que obtiene mejores niveles de eficiencia.

Sin embargo, a diferencia de los estudios realizados previamente, obtenemos que los municipios con menor población pueden aprovecharse de unos mayores niveles de ahorro en costes a través de la combinación de la gestión conjunta con la externalización del servicio, debido a que pueden aprovecharse del ahorro en costes derivado de la cooperación así como de los mejores niveles de eficiencia que permite un operador privado, aceptando, por tanto, la hipótesis H_{2b} .

Finalmente, obtenemos que para los municipios pertenecientes al estrato de población mayor (entre 20.001 y 50.000 habitantes) la externalización del servicio de recogida de residuos proporciona mejores niveles de eficiencia, lo que nos lleva a aceptar la última de nuestras hipótesis (H_{2c}). Por tanto, el tamaño municipal determina qué forma de gestión es la más adecuada, de manera que los municipios podrán aprovecharse de las ventajas ofrecidas por la externalización del servicio de recogida de residuos a partir de un determinado tamaño municipal o, si no lo alcanzara, cuando ésta es combinada con la cooperación intermunicipal.

Adicionalmente, estudios previos sostienen que las fórmulas de cooperación intermunicipal son más frecuentes entre los pequeños municipios, mientras que la externalización del servicio a través del sistema de concesión es más frecuente en los municipios de mayor tamaño (Bel et al., 2010). Así pues, la Tabla 6 recoge el porcentaje de municipios considerados en el estudio que aplican cada una de las formas de gestión, según el tamaño municipal y año, con la finalidad de contrastar si los municipios utilizan aquellas fórmulas más convenientes en términos de eficiencia en costes.

Tabla 6. Formas de gestión según tamaño poblacional: porcentaje de casos.

Tamaño / Año***	1.000≤Población≤5,000			5,001≤ Población ≤20.000			20,001≤ Población ≤50.000		
	2004	2006	2008	2004	2006	2008	2004	2006	2008
PUB	17.39	15.58	15.54	21.22	19.79	18.07	17.50	18.25	15.65
EXT	29.19	27.27	27.70	35.71	36.25	37.61	50.00	48.18	53.74
CI	38.51	41.56	40.54	33.88	33.33	33.19	25.83	26.28	23.81
COEXT	14.91	15.58	16.22	9.18	10.63	11.13	6.67	7.30	6.80
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la Oficina Virtual para la Coordinación Financiera con las Entidades Locales del Ministerio de Administración Pública, los boletines oficiales de la provincia y las páginas webs de los municipios.

****Datos ofrecidos para los años en los que las pruebas de Kruskal Wallis, U de Mann Whitney y test de Li obtienen diferencias significativas*

En primer lugar, podemos apreciar que las formas de gestión más numerosas son la cooperación intermunicipal (CI) y la gestión externalizada (EXT), siendo mayor el porcentaje de esta última en los municipios de mayor tamaño (a partir de 20.001 habitantes), mientras que la frecuencia de casos de la cooperación intermunicipal es superior en el resto de tramos. Por su parte, la gestión conjunta externalizada (COEXT) es la forma de gestión menos frecuente, siendo los municipios de menor tamaño los que en mayor medida aplican esta fórmula.

Con todo ello, del análisis conjunto de las tablas 5 y 6, es posible observar que los municipios con una población comprendida entre los 1.000 y 5.000 habitantes optan en menor medida por la gestión conjunta externalizada a pesar de que obtendrían mejores niveles de eficiencia a través de esta alternativa. Sin embargo, el resto de municipios, aplican con mayor frecuencia las formas de gestión que obtienen mejores niveles de eficiencia según el tamaño municipal: cooperación intermunicipal (CI) en los municipios con una población comprendida entre 5.001 y 20.000 habitantes y gestión externalizada (EXT) para los ayuntamientos con una población entre 20.001 y 50.000 habitantes.

Para finalizar, y como referencia a la actual crisis económica es posible apreciar que en los años iniciales la eficiencia en costes de las formas de gestión se mantiene; sin embargo, en el año 2010 y en base a los resultados de los diferentes tests realizados no existen diferencias significativas entre las distintas formas de gestión, por lo que no es posible distinguir cuál es la forma más adecuada para el servicio de recogida de residuos. Estos resultados sugieren que el análisis de la eficiencia en costes municipal no puede analizarse de forma aislada al contexto económico, por lo que es necesario distinguir entre períodos de recesión económica de aquéllos períodos de expansión económica.

Resumen y conclusiones

En este capítulo se lleva a cabo un análisis de la eficiencia en costes en función de las diferentes formas de prestación del servicio de recogida de residuos. En concreto, el estudio de la eficiencia de dicho servicio ha sido tradicionalmente enfocado hacia el debate entre provisión pública o privada. Sin embargo, la literatura más reciente analiza diferentes alternativas, entre las que se encuentra la cooperación entre municipios. Así, las principales formas de gestión del

servicio analizadas son gestión directa pública, la gestión externalizada, cooperación intermunicipal y gestión conjunta externalizada.

Para analizar qué forma de gestión obtiene mejor eficiencia en costes en el servicio de recogida de residuos, aplicamos el concepto de metafrontera (Battese y Rao, 2002; Battese et al., 2004) a una muestra de 771 municipios españoles con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes para los años 2004, 2006, 2008 y 2010, obteniendo la eficiencia de cada municipio según la forma de gestión del servicio de recogida de residuos, así como el valor de la eficiencia en costes que le correspondería si no existieran diferencias en las formas de gestión. Asimismo aplicamos las fronteras en orden- m para el cálculo de los coeficientes de eficiencia en costes lo que nos lleva a obtener resultados más robustos que por aplicación de otras técnicas no paramétricas.

Los resultados obtenidos evidencian diferencias significativas entre la eficiencia en costes de las diferentes formas de gestión del servicio de recogida de residuos. Así, al igual que estudios previos (Bel y Mur, 2009; Zafra et al., 2013; Bel et al., 2014), obtenemos que de manera globalizada la gestión conjunta es la alternativa más eficiente en la gestión del servicio de recogida y tratamiento de residuos.

No obstante, a diferencia de dichos estudios, encontramos que la forma de gestión del servicio de recogida de residuos depende del tamaño municipal. En este sentido, los resultados sugieren que las fórmulas gestión conjunta son más adecuadas en los municipios con una población hasta 20.000 habitantes. En concreto, la fórmula de gestión conjunta externalizada resulta más adecuada para los municipios de menor tamaño que, sin embargo optan por la cooperación intermunicipal o la externalización. Por lo que, si aplicaran la gestión conjunta

externalizada tanto el municipio como el operador privado podrían aprovecharse de las economías de escala que supone la colaboración en la prestación del servicio y la presencia de un operador privado, obteniendo con ello mejoras en la eficiencia del servicio.

Además, obtenemos que para los municipios de tamaño intermedio la fórmula de gestión más adecuada es la cooperación intermunicipal. Mientras que, para los municipios de mayor tamaño (a partir de 20.001 habitantes), resulta más adecuada la externalización del servicio, lo que sugiere que el operador privado obtiene mejores niveles de eficiencia en el servicio de recogida de residuos cuando el municipio alcanza una determinada población.

Con todo ello, con el presente trabajo se ponen de manifiesto las diferencias en términos de coste que existen en función de las distintas formas de gestión del servicio de recogida de residuos y del tamaño poblacional. A este respecto, destaca la importancia del tamaño municipal en el análisis de la eficiencia en costes de las diferentes formas de gestión del servicio de recogida y tratamiento de residuos, de manera que los estudios que analizan la relación entre la eficiencia en costes y las formas de gestión del servicio de recogida de residuos deberían tener en cuenta la dimensión del municipio.

No obstante, y a modo de limitación, dada la falta de disponibilidad de datos para los municipios de mayor tamaño (a partir de 50.000 habitantes) se desconoce qué fórmula de gestión del servicio resulta más conveniente para dichos municipios.

Asimismo, el presente estudio es una primera aproximación al análisis de la eficiencia en costes del servicio de recogida de residuos a través de la aplicación de la separación de fronteras o metafrontera que trata de evidenciar qué fórmula de gestión resulta más conveniente, realizando un análisis de corte transversal en cuatro diferentes años, por lo que en este sentido, y

dados los resultados obtenidos, resulta necesario un mayor análisis de la cuestión desde un punto de vista dinámico.

Referencias bibliográficas

- 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.
- Balaguer-Coll, M.T., Prior, D. y Tortosa-Ausina, E. 2010. "Decentralization and efficiency of local government". *The annals of regional studies*, 45: 571-601.
- Balaguer-Coll, M.T., Prior, D. y Tortosa-Ausina, E., 2012. "Output complexity, environmental conditions, and the efficiency of municipalities". *Journal of Productivity Analysis*, 39(3): 303-324.
- Battese, G.E. y Rao, D. 2002. "Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function". *International Journal of Business and Economics*, 1(2): 87-93
- Battese, G.E., Rao, D. y O'Donnell, C.J. 2004. "A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies". *Journal of Productivity Analysis*, 21(1): 91-103
- Bel, G. y Costas, A. 2006. "Do public sector reforms get rusty? Local privatization in Spain", *Journal of Policy Reform* 9, 1-24.
- Bel, G. y Fageda, X., 2006. "Between privatization and intermunicipal cooperation: Small municipalities, scale economies and transaction costs". *Urban Public Economics Review*, 006: 13-31.
- Bel, G. y Fageda, X., 2007. "Why do local governments privatise public services? A survey of empirical studies". *Local Government Studies*, 33(4): 517-534.
- Bel, G. y 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.
- Bel, G. y Fageda, X., 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., Dijkgraaf, E. y Gradus, R., 2010. "Similar problems, different solutions: comparing refuse collection in the Netherlands and Spain". *Public administration*, 88(2): 479-495.
- Bel, G., Fageda, X. y 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. y Mur, M., 2009. "Intermunicipal cooperation, privatization and waste management costs: evidence from rural municipalities". *Waste management (New York, N.Y.)*, 29(10): 2772-8.
- Bel, G. y Warner, M., 2008 a. "Does privatization of solid waste and water services reduce costs? A review of empirical studies". *Resources, Conservation and Recycling*, 52(12): 1337-1348.
- Bel, G. y Warner, M.E. 2008 b. "Challenging issues in local privatisation." *Environment and Planning C: Government and Policy* 26(1): 104-109.

- Bel, G. y 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.
- Benito-López, B., Moreno-Enguix, M. del R. y Solana-Ibañez, J., 2011. “Determinants of efficiency in the provision of municipal street-cleaning and refuse collection services”. *Waste management (New York, N.Y.)*, 31(6): 1099–108.
- Brown T. L y Potoski, M. 2003. “Managing contract performance: a transaction cost approach”. *Journal of Policy Analysis and Management* 22(2):275–297.
- Brown, T.L.; Potoski, M. y Van Slyke, D.M. 2007. “Trust and contract completeness in the public sector”. *Local Government Studies*, 33(4), 607-623.
- Brown, T.L.; Potoski, M. y Van Slyke, D.M. 2010. “Contracting for complex products”. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 20(1): 41–58.
- Brown, T.L., Potoski, M. y Van Slyke, D.M., 2012. “The Impact of Values and Service Characteristics and Markets on the Use of Joint Service Delivery in the United States”. Trabajo presentado en “*Neither Public Nor Private: Mixed Forms of Service Delivery around the Globe*” workshop, Universidad de Barcelona, Departamento de Economía Política, Barcelona, España, Mayo 2012.
- Carr, J.B., LeRoux, K. y Shrestha, M., 2008. “Institutional Ties, Transaction Costs, and External Service Production”. *Urban Affairs Review*, 44(3): 403–427.
- Cherchye, L., Demuynck, T., De Rock, B. y De Witte, K. 2013. “Nonparametric analysis of multi-output production with joint inputs.” *The Economic Journal*. doi: 10.1111/eoj.12038
- Cazals C, Florens J-P, Simar L. 2002. “Nonparametric frontier estimation: a robust approach”. *Journal of Econometrics*, 106: 1–25.
- Daouia, A. y Simar, L. 2007. “Nonparametric efficiency analysis: a multivariate conditional quantile approach.” *Journal of Econometrics* 140(2):375–400.
- Daraio, C. y Simar, L. 2005. “Introducing environmental variables in nonparametric frontier models: a probabilistic approach.” *Journal of Productivity Analysis* 24(1):93–121.
- Daraio, C. y Simar, L. 2007. *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis: Methodology and Applications*. New York: Springer. Deprins.
- De Borger, B. y Kerstens, K., 2000. “What is known about municipal efficiency?” En: Blank, J., Lovell, C., Grosskopf, S. (Eds.), *Public Provision and Performance—Contributions From Efficiency and Productivity Measurement*. North-Holland, Amsterdam: 299–330.
- De Jaeger, S. y Rogge, N., 2013. “Waste pricing policies and cost-efficiency in municipal waste services: the case of Flanders”. *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 31(7): 751–8.
- De Witte, K. y Geys, B., 2011. “Evaluating efficient public good provision: Theory and evidence from a generalised conditional efficiency model for public libraries”. *Journal of Urban Economics*, 69(3): 319–327.

- De Witte, K. and Geys, B. 2013. "Citizen coproduction and efficient public good provision: Theory and evidence from local public libraries." *European Journal of Operational Research* 224(3):592-602.
- De Witte, K. y Marques, R.C. 2010. "Influential observations in frontier models, a robust non-oriented approach to the water sector." *Annals of Operations Research* 181(1): 377-392.
- Dijkgraaf, E. y Gradus, R.H.J.M., 2003. Cost Savings of Contracting Out Refuse Collection. *Empirica*, 30: 149–161.
- Dijkgraaf, E. y Gradus, R.H.J.M., 2013. "Cost advantage cooperations larger than private waste collectors". *Applied Economics Letters*, 20(7): 702–705.
- Donahue, John D. 1989. *The Privatization Decision: Public Ends, Private Means*. New York: Basic Books.
- Dubin JA y Navarro P. 1988. "How markets for impure public goods organize the case of household refuse collection". *Journal of Law Economics & Organization* 4(2): 217–41.
- Fox, K.J. 1999. "Efficiency at different levels of aggregation: public vs. private sector firms." *Economics Letters* 65: 173–176.
- García-Sánchez, I.M., 2008. "The performance of Spanish solid waste collection". *Waste Management & Research*, 26(4): 327–336.
- Geys, B. y Moesen, W., 2009. "Exploring Sources of Local Government Technical Inefficiency: Evidence from Flemish Municipalities". *Public Finance & Management*, 9(1): 1–29.
- Girth, A.M. Hefetz, A., Johnston, J. M., and Warner, M. E., 2012. "Outsourcing Public Service Delivery: Management Responses in Noncompetitive Markets". *Public Administration Review*, 72(6): 887–900.
- Hefetz, A. y Warner, M.E., 2012. "Contracting or Public Delivery? The Importance of Service, Market, and Management Characteristics". *Journal of Public Administration Research and Theory*, 22(2):289–317.
- Hefetz, A., Warner M.E. and Vigoda-Gadot, E. 2012. "Innovations in Local Government Service Delivery: The Critical Role of Professional Management." *Paper presented in XVI Annual Conference of the International Research Society for Public Management (IRSPM)*. Rome, Italy, April 2012.
- Hirsch, W., 1965. "Cost functions of an urban government service: refuse collection". *Review of Economics and Statistics*, 47: 87-92.
- Hodge, G. 2000. *Privatization: An international review of performance*. Boulder, CO: Westview Press.
- Huang, Y.-T., Pan, T.-C. y Kao, J.J., 2011."Performance assessment for municipal solid waste collection in Taiwan". *Journal of environmental management*, 92(4): 1277–83.

- Jacobsen, R., Buysse, J. y 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 (New York, N.Y.)*, 33(1): 3–11.
- Kitchen, H.M., 1976. "A statistical estimation of an operating cost function for municipal refuse collection." *Public Finance Quarterly* 4, 43–72.
- Kodrzycki, Y. K. 1994. "Privatization of Local Public Services: Lessons for New England." *New England Economic Review* May/June 31–46.
- Li, Q. 1996. "Nonparametric Testing of Closeness between Two Unknown Distribution Functions" *Econometric Reviews*, 15(3): 261–74.
- Littlechild, S. 1988. "Economic regulation of privatised water authorities and some further reflections." *Oxford Review of Economics and Policy*, 4: 40–68.
- Ministerio de Economía y Hacienda, España. ORDEN EHA/3565/2008, de 3 de diciembre, por la que se aprueba la estructura de los presupuestos de las entidades locales. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de diciembre de 2008, núm. 297: 49318-49362.
- Ministerio de Hacienda, España. Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de marzo de 2004, núm. 59: 1-100.
- Mohr, R., Deller, S.C. y Halstead, J.M., 2010. "Alternative Methods of Service Delivery in Small and Rural Municipalities". *Public Administration Review*, 70(6): 894–905.
- Niskanen, W.A. 1971. *Bureaucracy and Representative Government*, Chicago, IL. Aldine.
- O'Donnell, C.J., Rao D.S., Battese, G.E. 2008. "Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios". *Empirical Economics*, 34: 231–255
- 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): 451–76.
- Plata-Díaz, A.M., Zafra-Gómez, J.L., Pérez-López, Gemma y López-Hernández, A.M., 2014. "Alternative management structures for municipal waste collection services: the influence of economic and political factors". *Waste management* DOI: 10.1016/j.wasman.2014.07.003.
- R Development Core Team. 2011. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>.
- Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J., y Battese, G.E. 2003. "Metafrontier functions for the study of inter-regional productivity differences", CEPA Working Paper No. 01/2003. Australia: School of Economics, University of Queensland.
- Rees, J.A. 1998. "Regulation and private participation in the water and sanitation sector". *Natural Resource Forum*, 22: 95–105.
- Reeves, E., Barrow, M., 2000. "The impact of contracting-out on the costs of refuse collection services. The case of Ireland." *Economic and Social Review* 31 (2), 129 – 150.

- Rodrigues, M. Tavares, A. F. y Araújo, J. F., 2012. “Municipal Service Delivery : The Role of Transaction Costs in the Choice between Alternative Governance Mechanisms”. *Local Government Studies*, 38(5): 615–638.
- Rogge, N. y De Jaeger, S., 2013. “Measuring and explaining the cost efficiency of municipal solid waste collection and processing services”. *Omega*, 41(4): 653–664.
- Savas, E.S. 1987. *Privatization: The key to better government*, Chatham, NJ: Chatham House.
- Simar, L., and Wilson, P. W. 2008. “Statistical inference in nonparametric frontier models: recent developments and perspectives.” En *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth* editado por H.O. Fried, C.A.K. Lovell, S.S. Schmidt, 421–521. Oxford: Oxford University Press.
- Simões, P., Cruz, N.F. y Marques, R.C., 2012. “The performance of private partners in the waste sector”. *Journal of Cleaner Production*, 29-30(null): 214–221.
- Simões, P. y Marques, R.C., 2012. “On the economic performance of the waste sector. A literature review”. *Journal of environmental management*, 106: 40–7.
- Shrestha, M. y Feiock, R. 2004. “Transaction costs, social embeddedness, and interlocal cooperation in the supply of local public goods”. Documento presentado en Association for Public Policy Analysis and Management, Atlanta, GA, October 28-30.
- Sørensen, R.J., 2007. “Does Dispersed Public Ownership Impair Efficiency ? The Case of Refuse Collection in Norway”. *Public Administration*, 85(4): 1045–1058.
- Stevens BJ. 1978. Scale, market structure, and the cost of refuse collection. *Review of Economics and Statistics*, 60(3): 438–48.
- Tickner, G., McDavid, J.C., 1986. "Effects of scale and market structure on the costs of residential solid waste collection in Canadian cities." *Public Finance Quarterly* 14 (4), 371–393.
- Warner, M.E. 2006. “Market-based governance and the challenge for rural governments: US trends”, *Social Policy and Administration: An International Journal of Policy Research*, 40 (6): 612–631.
- Warner, M.E. 2012. “Privatization and urban governance: The continuing challenges of efficiency, voice and integration”. *Cities*, 29, Supple: S38–S43.
- Warner, M.E. y Bel, G. 2008. Competition or Monopoly? Comparing Privatization of Local Public Services in the U.S. and Spain. *Public Administration*, 86(3): 723–35.
- Warner M. y Hebdon R., 2001. “Local government restructuring: privatization and its alternatives”, *Journal of Policy Analysis and Management*, 20, 315-336.
- Warner, M., y Hefetz, A. 2002. “The uneven distribution of market solutions for public goods.” *Journal of Urban Affairs* 24(4):445-459.
- Warner, M. y Hefetz, A. 2003. “Rural-urban differences in privatization: limits to the competitive state”, *Environment and planning C: Government and Policy*, 21: 703-718.
- Wassenaar, M.C. Dijkgraaf, E. y Gradus, R.H.J.M., 2010. “Contracting Out: Dutch Municipalities Reject the Solution for the VAT Distortion”. *Local Government Studies*, 36(5): 617–636.

- Zafra-Gómez, J.L. y Muñiz, M.A. 2010. “Overcoming cost-inefficiencies within small municipalities: improve financial condition or reduce the quality of public services?” *Environment and Planning C: Government and Policy*, 28(4): 609-629.
- Zafra-Gómez, J.L., Prior, D., Plata-Díaz, A.M. y 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.
- Zullo, R. 2009. Does Fiscal Stress Induce Privatization? Correlates of Private and Intermunicipal Contracting, 1992-2002. *Governance*, 22(3): 459-481.

Apéndice 1. Estadísticos descriptivos del coste y outputs del servicio de recogida de residuos

Año	Coste/Outputs	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	DT
2004	Coste Total	649582.3	325524.1	3623.1	1.31e+07	928082.1
	Toneladas de residuos	86895.6	4632.67	9	4.70e+07	1709418
	Toneladas de residuos*calidad	172856.9	9064	18	9.39e+07	3418743
	Nº de contenedores	559.7613	357	0	19835	914.4888
2006	Coste Total	816412.3	444515.5	912.8	1.34e+07	1119577
	Toneladas de residuos	15401.87	4394.6	21.8	1941128	93598.13
	Toneladas de residuos*calidad	30483.17	8603.4	42	3882257	186868
	Nº de contenedores	543.4968	374	0	6611	594.0456
2008	Coste Total	963390	531062.3	355.88	1.60e+07	1276967
	Toneladas de residuos	15401.87	4394.6	21.8	1941128	93598.13
	Toneladas de residuos*calidad	30483.17	8603.4	42	3882257	186868
	Nº de contenedores	543.4968	374	0	6611	594.0456
2010	Coste Total	1074366	557918.4	700	2.06e+07	1592148
	Toneladas de residuos	8975.759	4321.76	202.5	786180.9	35674.46
	Toneladas de residuos*calidad	17668.83	8272.2	405	1542186	70410.42
	Nº de contenedores	577.8988	408	9	4929	560.8631

Apéndice 2. Test U de Mann-Whitney y Test de Li

Hipótesis Nula (H_0)	Test U de Mann-Whitney			Test de Li		
	10- Por ciento de significancia	5- Por ciento de significancia	1- Por ciento de significancia	10- Por ciento de significancia	5- Por ciento de significancia	1- Por ciento de significancia
Año: 2004						
$CE^k(PUB)=CE^k(EXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(IC)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(IC)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(IC)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
Año: 2006						
$CE^k(PUB)=CE^k(EXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(IC)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(COEXT)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(IC)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(IC)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
Año: 2008						
$CE^k(PUB)=CE^k(EXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(IC)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(IC)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 no rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(IC)=CE^k(COEXT)$	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
Año: 2010						
$CE^k(PUB)=CE^k(EXT)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(IC)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada
$CE^k(PUB)=CE^k(COEXT)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(IC)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(COEXT)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada	H_0 rechazada
$CE^k(IC)=CE^k(COEXT)$	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada	H_0 no rechazada

CE^k : Frontera local

PUB: Gestión pública directa EXT: Gestión externalizada CI: Gestión conjunta pública

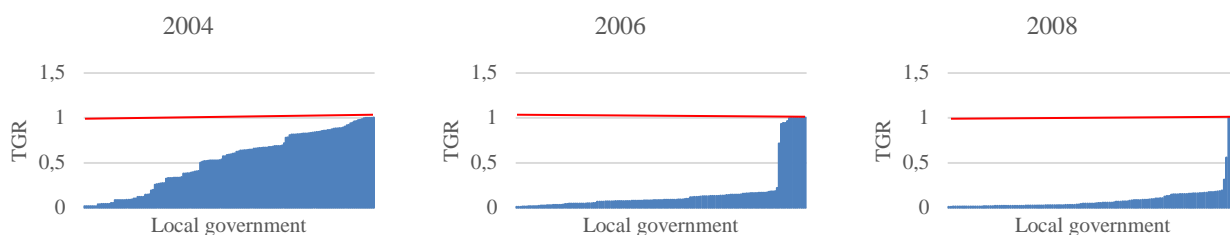
COEXT: Gestión conjunta externalizada

Resultados de la prueba U de Mann-Whitney obtenidos a través de Stata 12

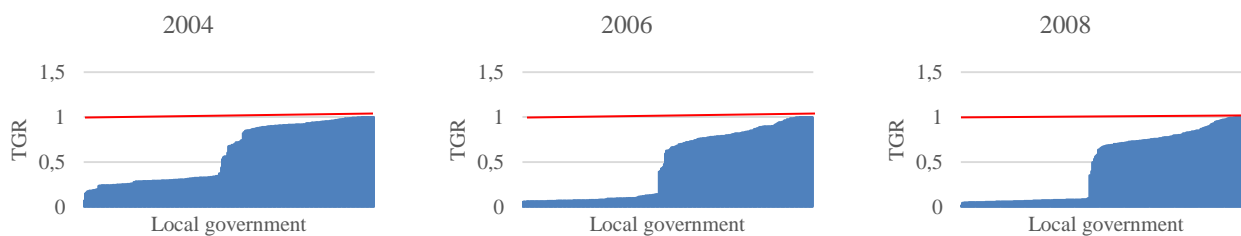
Resultados del Test de Li obtenidos a través de “The R Project for Statistical Computing”

Apéndice 3. Evolución del *technology gap ratio* (TGR)⁸

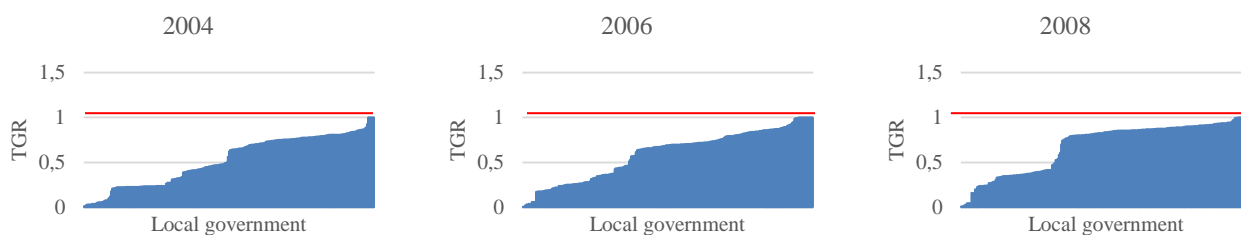
Gestión directa pública (PUB)



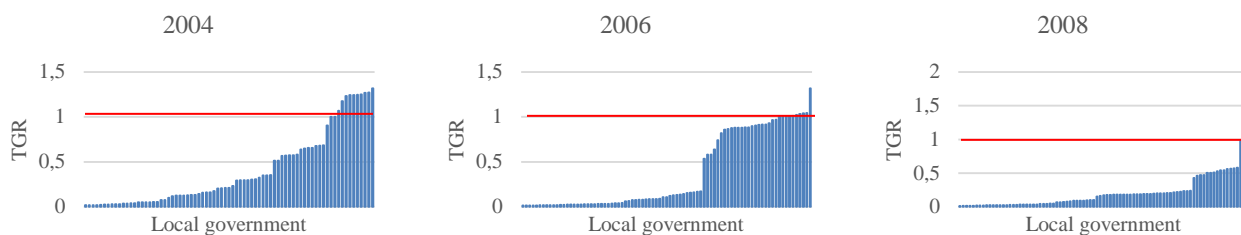
Gestión externalizada (EXT)



Cooperación intermunicipal (IC)



Gestión conjunta externalizada (COEXT)



Fuente: elaboración propia

⁸ Datos ofrecidos para los años en los que las pruebas de Kruskal Wallis, U de Mann Whitney y test de Li obtienen diferencias significativas.

Apéndice 4. Resultados según formas de gestión, tamaño poblacional y año.

4a. Prueba de Kruskal-Wallis para TGR según las diferentes formas de gestión por año y tamaño del municipio

Grupos de comparación: PUB – EXT – IC – COEXT									
Municipal Tamaño	1.000≤Población≤5,000			5,001≤Población≤20.000			20,001≤Populatio≤50.000		
Año	2004	2006	2008	2004	2006	2008	2004	2006	2008
Chi-squared	52.862	92.189	107.975	55.277	169.462	241.62	69.911	54.129	65.025
Freedom degrees	3	3	3	3	3	3	3	3	3
p-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Resultados obtenidos a través de Stata 12

4b. Eficiencia en costes de las diferentes formas de gestión del servicio de recogida de residuos por tamaño municipal y año

Tamaño		1.000≤Población≤5,000			5,001≤Población≤20.000			20,001≤Populatio≤50.000		
Formas de gestión		Media	Min.	Max.	Media	Min.	Max.	Medi a	Min.	Max.
Año: 2004***										
PUB	CE	0.206	0.035	1.133	0.085	0.006	1.175	0.224	0.003	1.000
	CE ^k	0.313	0.073	1.205	0.275	0.009	1.324	0.509	0.007	1.064
	TGR	0.637	0.043	1.001	0.521	0.020	1.003	0.401	0.020	1.000
EXT	CE	0.125	0.013	0.383	0.072	0.007	1.000	0.225	0.007	1.000
	CE ^k	0.414	0.042	1.195	0.132	0.011	1.302	0.251	0.007	1.013
	TGR	0.362	0.150	0.920	0.572	0.174	1.000	0.893	0.074	1.000
IC	CE	0.169	0.034	0.702	0.112	0.007	1.223	0.205	0.007	1.000
	CE ^k	0.274	0.044	0.972	0.261	0.009	1.621	0.563	0.060	1.021
	TGR	0.643	0.230	0.861	0.526	0.016	1.000	0.284	0.029	1.000
COEXT	CE	0.374	0.029	1.916	0.135	0.013	1.000	0.024	0.017	0.036
	CE ^k	0.421	0.051	1.509	0.634	0.088	1.123	0.934	0.469	1.000
	TGR	0.848	0.162	1.317	0.224	0.020	1.000	0.026	0.018	0.036
Año: 2006***										
PUB	CE	0.090	0.010	1.003	0.049	0.004	1.000	0.258	0.001	1.000
	CE ^k	0.477	0.152	1.292	0.397	0.060	1.132	0.569	0.015	1.059
	TGR	0.146	0.044	1.003	0.135	0.014	1.000	0.357	0.013	1.000
EXT	CE	0.054	0.005	0.328	0.060	0.002	1.021	0.186	0.004	1.000
	CE ^k	0.388	0.052	2.673	0.142	0.008	1.137	0.253	0.004	1.009
	TGR	0.177	0.060	0.854	0.416	0.061	1.000	0.829	0.070	1.000
IC	CE	0.101	0.005	2.147	0.116	0.002	1.455	0.279	0.002	1.000
	CE ^k	0.156	0.008	2.730	0.239	0.003	1.692	0.529	0.002	1.006
	TGR	0.691	0.252	0.930	0.581	0.063	1.000	0.470	0.010	1.000
COEXT	CE	0.107	0.007	1.191	0.127	0.002	1.385	0.020	0.003	0.035
	CE ^k	0.235	0.008	1.140	0.552	0.002	1.078	0.755	0.003	1.000
	TGR	0.747	0.020	1.045	0.255	0.015	1.319	0.125	0.016	1.022
Año: 2008***										

PUB	CE	0.069	0.004	0.606	0.058	0.004	1.000	0.177	0.002	1.000
	CE ^k	0.775	0.093	1.828	0.684	0.126	1.302	0.498	0.015	1.000
	TGR	0.082	0.027	0.559	0.078	0.013	1.000	0.251	0.015	1.000
EXT	CE	0.047	0.005	0.267	0.064	0.003	1.045	0.174	0.002	1.000
	CE ^k	0.408	0.061	1.924	0.152	0.015	1.242	0.235	0.006	1.016
	TGR	0.155	0.053	0.799	0.404	0.018	1.000	0.822	0.056	1.000
IC	CE	0.108	0.004	1.184	0.112	0.001	1.477	0.257	0.003	1.000
	CE ^k	0.133	0.007	1.349	0.214	0.001	1.682	0.543	0.003	1.005
	TGR	0.830	0.228	0.999	0.676	0.160	1.000	0.484	0.013	1.000
COEXT	CE	0.220	0.007	3.088	0.100	0.004	1.000	0.023	0.002	0.047
	CE ^k	0.384	0.055	1.806	0.492	0.033	1.031	0.677	0.006	1.000
	TGR	0.354	0.035	1.710	0.170	0.016	1.000	0.101	0.011	0.530

*** Resultados reportados para las formas de gestión que han obtenido nivel de significatividad del 99% en la prueba Kruskal Wallis

CE: Metafrontier CE^k: Local frontier TGR: Technology gap ratio

PUB: Gestión directa pública EXT: Gestión externalizada

IC: Cooperación intermunicipal COEXT: Gestión conjunta externalizada