

Escola Superior de Gestão de Idanha-a-Nova

005 Jor

XII JORNADAS LUSO-ESPAÑHOLAS DE GESTÃO CIENTÍFICA

ACTAS

VOLUME VIII

ECONOMIA DA EMPRESA E
MATEMÁTICA APLICADA



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
DEPARTAMENTO DE GESTÃO E ECONOMIA

COVILHÃ, Abril 2002

MG-08. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN PORTUGAL A TRAVÉS DEL MÉTODO DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

António José Fonseca Gaiola (antonio.gaiola@oninet.pt)
Escola Superior de Gestão de Idanha-a-Nova
Instituto Politécnico de Castelo Branco
Departamento de Gestão e Contabilidade

Maria Isabel González Bravo (lola@usal.es)
Universidad de Salamanca
Departamento de Administración y Economía de la Empresa

RESUMEN:

En este trabajo se ha evaluado la eficiencia en los Sistemas de recogida, separación, valoración y tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de Portugal a través de la aplicación de una técnica econométrica no-paramétrica. En particular, la eficiencia técnica y de coste en la minimización de las necesidades de inputs se alcanzó a través del método DEA (Data Envelopment Analysis).

Los datos analizados fueron obtenidos directamente de los estados financieros de las empresas (balance y cuenta de pérdidas y ganancias) así como otra información publicada, correspondientes al año 2000. Fueron obtenidos a través de la solicitud directa a todas las empresas obteniéndose una respuesta que representa el 40% de la población. Este trabajo constituye una aportación hacia la evaluación de la eficiencia en los Sistemas de RSU en Portugal a través del análisis de las Decision Making Units de la muestra.

PALABRAS CLAVE: Residuos Sólidos Urbanos, Data Envelopment Analysis, evaluación de eficiencia

1. INTRODUCCIÓN

Los ciudadanos son cada vez más exigentes cuanto a la economía, eficiencia y eficacia en la gestión de los recursos públicos; en esto sentido, compete al Estado el establecimiento de sistemas de medición que posibiliten la evaluación de la racionalidad y los resultados de las decisiones de gestión, que en el contexto actual están relacionadas principalmente con restricciones de naturaleza presupuestaria o cambios en la legislación.

La evaluación de entidades que ofrecen servicios de naturaleza pública es una tarea de difícil realización, por una parte, persiguen múltiples objetivos en su actuación, por veces ambiguos y contradictorios y por otra parte, la dificultad en medir sus outputs en términos cuantitativos. Esos aspectos dificultan la elección de unos indicadores que ofrezcan una visión ajustada de la actividad y realizaciones de esas entidades, en cambio de la utilización del beneficio como medida, como ocurre en las empresas privadas.

El presente trabajo intenta evaluar la eficiencia en los Sistemas de Residuos Sólidos Urbanos (servicios de recogida, separación, valoración y tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos - RSU), siendo motivado por la inexistencia de evidencia empírica respecto a la performance de gestión en el sector, intentando así identificar los Sistemas de RSU eficientes e ineficientes, además del establecimiento de una ordenación relativa de los mismos.

La evaluación de la eficiencia se hará bajo la utilización del método DEA (Data Envelopment Analysis) que posibilita el establecimiento de un indicador de eficiencia relativa al comparar unidades de toma de decisiones (Decision Making Units - DMU) de naturaleza homogénea que se caracterizan por la inexistencia de supuestos previos respecto a una función de producción y tienen en cuenta la contribución de múltiples inputs para la obtención de múltiples outputs.

En las dos últimas décadas diversos estudios han sido publicados sobre la utilización del DEA en el sector público, principalmente en los sectores de la salud, educación, transportes y servicios públicos locales y más recientemente en el sector privado como se puede observar en la extensa recopilación bibliográfica de artículos, documentos de trabajo y tesis realizada por Emrouznejad y Thanassoulis (1996). En particular, Ancarani (2000) aplicó el modelo en los servicios de suministro de agua y recogida de aguas residuales en Sicilia y Prior et al. (1993) lo han aplicado en la evaluación de la eficiencia de gestión del servicio de recogida y eliminación de residuos sólidos urbanos en una muestra de municipios de Catalunya.

Este trabajo se ha estructurado de la siguiente forma: en el segundo apartado se caracteriza el sector de los Residuos Sólidos Urbanos. En el punto siguiente (apartado 3) se describe el método utilizado para evaluar los Sistemas de RSU, el método DEA. En el apartado 4 se presenta la metodología utilizado en este estudio y se procede a la determinación de las características de la muestra y en el apartado siguiente se presentan las principales conclusiones del análisis efectuado. Finalmente se recogen las conclusiones y las referencias bibliográficas.

2. LOS SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN PORTUGAL

En el 1995 la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en Portugal se reducía casi a la recogida y depósito de las basuras sin diferenciarlas en los más de 300 vertederos no controlados, que constituyen los sistemas municipales existentes (INR, 1999). En la secuencia de la Directiva 94/62/CE de la Comisión Europea, que impone metas con relación a la valoración de residuos y de la Directiva 1991/31/CE, con relación a las normativas de gestión de los vertederos, se puso en marcha un proceso de reforma de la gestión de los RSU, que asentó en el Plan Estratégico de los Residuos Sólidos Urbanos (PERSU).

Los grandes objetivos de la primera fase del Plan, como el cierre de los vertederos no controlados y la dotación de infraestructuras de gestión de los RSU, fueron ya alcanzados. En la segunda fase se pretende optimizar la gestión de los sistemas existentes a través de medidas técnicas y legislativas, de modo a implementar un modelo que asegure la calidad del servicio y la auto-sostenibilidad económico-financiera de los sistemas a largo plazo.

Esa estrategia supone la racionalización y optimización de los recursos disponibles a través de la introducción de soluciones y procedimientos de gestión integrados, la creación de metodologías de análisis de los RSU y el establecimiento de indicadores de desempeño, que posibiliten la mayor eficiencia y eficacia en sus actuaciones y la evaluación de los resultados de gestión.

La actividad económica de gestión de los Residuos Sólidos Urbanos no está accesible a las empresas privadas ni a otras entidades con la misma naturaleza, excepto cuando sea objeto de concesión, siendo gestionado a través de Sistemas de RSU. En la actualidad, la explotación y gestión de los Sistemas de RSU, en los términos Decreto-Ley nº 379/93, de 5 de Noviembre, compete a:

- Sistemas Multimunicipales (SMM) que se caracterizan por su naturaleza estratégica y por la exigencia de inversiones predominantemente por el Estado en función de razones de interés nacional. En general, su gestión y explotación se efectúa por concesión a una empresa cuyo capital se reparte en el 51% para una empresa holding del Estado e el restante por todos los municipios del área de influencia del Sistema;
- Sistemas Municipales (SM) que por exclusión de partes son todos los otros. Su gestión y explotación puede efectuarse por los municipios o asociaciones de municipios o atribuida, en régimen de concesión, a entidad pública o privada de naturaleza empresarial. Cuando la entidad propietaria del Sistema es una asociación de municipios, independientemente de su forma de gestión, llamamos de Sistema Intermunicipal (SIM).

3. EL MÉTODO DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

La utilización de indicadores primarios y de ratios de performance o productividad en la evaluación de los Sistemas de RSU presenta algunas limitaciones. Además de suministrar una visión incompleta de la actividad de las entidades, resultando en problemas de agregación de la información, dificultan el esclarecimiento de los verdaderos factores explicativos de la eficiencia y en especial, de la ineficiencia.

Por otra parte, teniendo en cuenta la dificultad en determinar y valorar los outputs y el desconocimiento de los niveles de participación de cada input en la obtención de los niveles de actividad observados, queda imposible la determinación de una función de producción y por consiguiente, la utilización de modelos deterministas en la medición de la eficiencia (Norman y Stoker, 1991). Consecuentemente, la existencia de otras categorías de indicadores de naturaleza sintética, que resumen una serie de datos respecto a las múltiples dimensiones de un mismo output, elaborados a partir de relaciones funcionales o modelos econométricos (Pina Martínez y Torres Pradas, 1999), vienen a permitir una visión integral de las entidades.

El método Data Envelopment Analysis (DEA) de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), en adelante CCR, basándose en los estudios de Farrell del 1957, ha intentado sintetizar, en términos relativos, la eficiencia global de las actividades desarrolladas por unidades sin ánimo de lucro (Decision Making Units – DMU) a través de un

indicador numérico, que incluye, además de los aspectos internos, variables ambientales fuera de su control, que afectan la eficiencia de la organización.

El DEA se encuadra en el conjunto de los modelos de función de producción frontera no paramétricos, particularmente útiles para evaluar las actividades de servicio público, al construir una frontera eficiente a partir de observaciones empíricas, evitando así “la necesidad de recurrir al establecimiento de ponderaciones a priori y de hacer supuestos previos sobre la forma de la función de producción” (Prior et al.: 1993, 276). En la formulación inicial del problema de CCR (1978) cada segmento de la frontera eficiente supone que la productividad media y marginal son iguales (rendimientos constantes a escala)¹.

La metodología DEA sintetiza el conjunto de DMU's eficientes en una frontera de producción lineal; las DMU's eficientes definen un límite de producción que, en sentido económico, representa los outputs máximos que algunas DMU's pueden obtener de las combinaciones de sus actuales niveles de inputs, o el nivel mínimo de inputs necesarios para mantener un nivel de servicios establecido (SDC, 1995).

La determinación de los indicadores de eficiencia relativa en la formulación del problema DEA supone la aplicación de técnicas de programación lineal fraccional que consisten en maximizar la ratio de eficiencia de cada DMU evaluada, que se caracteriza por el empleo de múltiples inputs, independientes de ponderaciones arbitrarias, en la obtención o producción de múltiples outputs. Tanto los inputs como los outputs pueden adoptar una gran variedad de formas y expresarse en cualquier unidad de medida, desde que mantengan su homogeneidad en todas las DMU, es decir, deben presentar características comunes para ser comparables.

La solución del problema conduce a una ordenación relativa de eficiencia entre las unidades evaluadas, asegurando la valoración más alta posible a cada DMU, no significando que la DMU con mejor clasificación haya obtenido sus posibilidades máximas, sino que las que están por debajo pueden mejorar su nivel. Esto significa que la DMU óptima requiere menos input para obtener el mismo output o, con el mismo input obtiene más output. Esa ordenación solo se mantiene en cuanto las DMU's elegidas, las variables de input y de output elegidas y respectivos valores asumidos quedaren constantes, lo que supone que ese DEA genere DMU's óptimas bajo esas condiciones; el cambio en uno de estos supone el cambio en la ordenación relativa producida.

Para Pina Martínez y Torres Pradas (1995) la información facilitada por el DEA presenta 4 componentes:

- El indicador de eficiencia relativa, que es una ratio de la productividad total de los factores, que compara la actividad productiva de cada DMU evaluada con la de otras tecnológicamente homogéneas (Lozano Chavarría y Mancebón Torrubia, 1999).
- Las holguras, que indican las cantidades de input y output a disminuir e incrementar respectivamente para convertir cada DMU evaluada en eficiente, es decir, el exceso de recursos consumidos o la insuficiente producción de outputs, que se determinan restando los valores actuales de inputs/outputs de la DMU por los valores ideales de la DMU óptima (Al-Shammari, 1999).
- Las DMU's que se toman como punto de referencia;
- Los coeficientes, que señalan la importancia de cada indicador en la determinación de la eficiencia.

Asimismo, el modelo facilita información sobre “los niveles de input y output que podrían alcanzarse en situación de eficiencia y el nivel de servicios que podrían prestarse si se redujeron los recursos disponibles, o por contrario, los recursos que serían necesarios para atender a un incremento en la demanda” (Pina Martínez y Torres Pradas: 1995, 184). El DEA es así una técnica de benchmarking que viene ganando importancia por la posibilidad que ofrece en el establecimiento de mejoras en el consumo de inputs o producción de outputs (Soteriou y Stavrinides, 2000) y por consecuencia en la eficiencia a través de las mejoras en los indicadores de productividad de las organizaciones.

La formulación inicial del problema, que presenta una relación más directa con el análisis de ratios viene

$$Máx h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0}}$$

¹ Ese planteamiento inicial ha evolucionado para el modelo de Banker, Charnes y Cooper (BCC) del 1994, cuyos supuestos se basan en rendimientos de escala variables, es decir, el crecimiento de los outputs con relación a los inputs es más que proporcional, aunque esta metodología no será aquí desarrollada.

$$\text{s. a. } \frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij}} \leq 1$$

$$j = 1, \dots, n \quad u_{r0} \geq 0, r = 1, \dots, s \quad v_{i0} \geq 0, i = 1, \dots, m$$

La unidad cuya eficiencia se trata de evaluar se denota por el subíndice 0; y_{rj} e x_{ij} representan, respectivamente, las cantidades de output r y de input i de la DMU j ; y_{r0} e x_{i0} representan los valores de la DMU que sometemos a evaluación; y finalmente, u_{r0} e v_{i0} reflejan, respectivamente, los coeficientes de ponderación atribuidos al output r y al input i correspondientes a la DMU cuya eficiencia se pretende evaluar. El valor de h_0 indica la relación ponderada entre los inputs y outputs de las unidades eficientes y la empleada por la unidad evaluada.

Cuando la estimación de la eficiencia de una DMU es inferior a uno significa que ésta es ineficiente con relación al subconjunto de unidades con el que se compara y que constituye su conjunto de referencia (Prior et al., 1993). Los valores óptimos u_{r0}^* e v_{i0}^* obtenidos de la solución del problema proporcionan a la unidad evaluada la estimación de la eficiencia más alta posible (h_0), que puede variar para cada DMU evaluada. El conjunto de valores u_{r0}^* e v_{i0}^* constituye los coeficientes de los segmentos de la isocuanta unitaria en la que se encuentran las distintas unidades y su relación indica las productividades marginales de los inputs de cada DMU o DMU's situadas en el mismo segmento.

Es importante observar que la entidad cuya eficiencia se pretende determinar aparece tanto en la función objetivo como en las restricciones, garantizando siempre la existencia de solución para el problema fraccional con un valor de la función objetivo acotado entre 0 y 1 (Lozano Chavarría y Mancebón Torrubia, 1999).

Como han demostrado CCR, el problema inicial puede linealizarse

$$\text{Máx } h_0 = \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0}$$

$$\text{s. a. } \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij} \leq 0$$

$$j = 1, \dots, n \quad \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} \geq 1 \quad u_{r0} \geq 0, r = 1, \dots, s \quad v_{i0} \geq 0, i = 1, \dots, m$$

El problema dual ofrece una aproximación lineal de la función de producción óptima, mediante la minimización de las m cantidades de inputs para la producción de los niveles dados de los s outputs.

4. METODOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

El funcionamiento del sector de los RSU en Portugal se encuentra asegurado por 14 Sistemas Multimunicipales (SMM), que se caracterizan por tener estructuras organizacionales y de funcionamiento idénticas, a pesar de poseyeren dimensión diferente y por consiguiente infraestructuras distintas, por 16 Sistemas Intermunicipales (SIM) de propiedad de Asociaciones de Municipios y por un Sistema Municipal (SM).

Los SMM se localizan principalmente en el litoral y en las regiones con mayor densidad poblacional, en cuanto los SIM se localizan principalmente en el interior y en el sur, refiriéndose principalmente a las regiones con menor densidad poblacional. La gestión y explotación de los SIM, en la mayoría de los casos, se encuentra asegurada por empresas privadas, dependiendo de contratos de concesión o de prestación de servicios, dependiendo del modelo de gestión y explotación adoptado por la entidad propietaria.

Aunque todos los Sistemas de RSU se encuentren jurídicamente constituidos, en la actualidad las infraestructuras de gestión no se encuentran totalmente implantadas, es decir, algunas funcionan adecuada y plenamente, otras funcionan parcialmente y las restantes se encuentran en la fase de construcción de las infraestructuras.

En lo que se refiere al procedimiento utilizado en la obtención de datos, se ha enviado una solicitud de las cuentas anuales a las empresas concesionarias de la gestión de los Sistemas Multimunicipales a través de la holding EGF – Empresa Geral de Fomento, a las Asociaciones de Municipios que gestionan los Sistemas de modo independiente y a las empresas concesionarias o prestadoras de servicios que los gestionan bajo contrato.

En cuanto a las empresas concesionarias de la gestión de los Sistemas Multimunicipales se ha obtenido el balance y cuenta de pérdidas y ganancias del año 2000, organizados de acuerdo con el plan de contabilidad para las empresas privadas (el Plan Oficial de Contabilidad).

Con relación a la información de las entidades gestoras de los Sistemas Intermunicipales de RSU que se encuentran a funcionar plenamente, la obtención de datos presentó algunas dificultades, siendo refiriendo, principalmente, su carácter confidencial.

En lo que se refiere a las características de los RSU recogidos, se ha obtenido la información a partir de los datos disponibles en el Instituto de los Residuos (INR).

La muestra inicial de Sistemas de RSU vino así caracterizada:

Cuadro 1 – Muestra Inicial de Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

Sistema	Nº	%	Muestra	%	% sobre el grupo
Multimunicipal	14	45,2	10	62,5	71,4
Intermunicipal	16	51,6	6	37,5	37,5
Municipal	1	3,2	0	–	–
Total	31	100,0	16	100,0	51,6

Fuente: Elaboración propia

La obtención de las respuestas respecto a las empresas que gestionan los SMM se procesó a través de la empresas holding, respectando al 62,5% del universo. Con relación a las 4 empresas que no han respondido, 3 de ellas han sido constituidas entre finales del 2000 y el inicio del 2001. Con relación a los SIM, por las razones ya indicadas, la tasa de respuesta ha sido menor.

Debe aun referirse que la información financiera obtenida de las entidades gestoras de los Sistemas Intermunicipales presenta diversas limitaciones. Con relación a los Sistemas gestionados por las Asociaciones de Municipios, estos tienen su contabilidad organizada de acuerdo con las reglas de la contabilidad pública, efectuando sus registros contables en una óptica de caja (ingresos y gastos), lo que limita la posibilidad de establecer comparaciones con respecto a los costes de la actividad desarrollada. Cuanto a los Sistemas Intermunicipales gestionados bajo contrato de concesión o prestación de servicios, cada Asociación de Municipios posee un modelo de gestión propio para su Sistema, implicando la existencia de diferentes modalidades de contratación y diferentes tipos de servicio suministrados por las empresas gestoras, resultando en estructuras de coste distintas.

Por otra parte, a pesar de que las empresas tienen su contabilidad organizada de acuerdo con las reglas de la contabilidad empresarial, sus estados económico-financieros pueden no reflejar exclusivamente los aspectos de la gestión del Sistema, ni sobre el personal afecto a las mismas, por lo que fue necesario obtener estos datos a partir de encuesta directa a los responsables.

La selección del conjunto final de Sistemas a analizar ha obedecido exclusivamente a criterios de disponibilidad y fiabilidad de la información. Así, teniendo en cuenta la falta de consistencia y homogeneidad de los datos, se eliminaron 3 SIM y un Sistema Multimunicipal el cual se encuentra en la fase de construcción de las infraestructuras. La muestra a considerar y que constituye la base de datos para aplicación del DEA es la que sigue.

Cuadro 2 – Muestra Final de Sistemas Multimunicipales de Gestión de RSU

Sistema	Nº	%	Muestra	%	% sobre el grupo
Multimunicipal	14	45,2	9	75,0	64,3
Intermunicipal	16	51,6	3	25,0	18,8
Municipal	1	3,2	0	–	–
Total	31	100,0	12	100,0	38,7

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, los datos respectan a casi dos tercios del universo de los Sistemas Multimunicipales y al 19% de los Sistemas Intermunicipales, correspondiendo al 38,7% del total de Sistemas de RSU existentes en Portugal.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La implantación del método DEA se inicia estableciendo el conjunto de indicadores más representativos de los factores productivos y de la actividad que mejor definan los objetivos básicos y la actuación de los Sistemas de RSU, como refirió Prior et al. (1993), aunque para Pina Martínez y Torres Pradas (1999, 182) “los resultados ponen de manifiesto que, habitualmente, un número reducido de indicadores es suficiente para explicar el comportamiento de las unidades evaluadas”, por lo que deben eliminarse los menos relevantes.

Respecto a los inputs se eligieron los siguientes indicadores:

- Los gastos corrientes del servicio, es decir, gastos operacionales y gastos financieros (en euros);
- Los gastos con el personal (en euros);
- El número de trabajadores al servicio de las entidades que gestionan los Sistemas de RSU, que a pesar de ser también una variable de personal, es un indicador no financiero.

Con relación a los outputs, sus indicadores son los siguientes:

- La producción total de RSU en el área a que respecta cada Sistema (en toneladas);
- La cantidad de recogida selectiva, es decir, los residuos recogidos de modo separado para posterior reciclaje (en toneladas);
- Los beneficiarios de los Sistemas, que se refiere al número de personas residentes en el área geográfica a que se refiere el conjunto de municipios que integran el Sistema.

La selección de las variables tuvo en cuenta el estudio de Prior et al. (1993) en los servicios municipales de recogida de RSU que eligieron los beneficiarios del servicio y la producción de RSU como outputs y el coste del servicio y el personal empleado en cuanto a los inputs, que nos parecen adecuados a la realidad de nuestro estudio.

En este trabajo hemos añadido solamente dos variables más, una de input y otra de output por dos razones. Por una parte, la limitación de los datos obtenidos en cuanto a la disponibilidad, comparabilidad y fiabilidad. Por otra parte, para que el DEA opere de forma más poderosa necesita que el número de DMU's exceda por lo menos el doble de suma las variables de inputs y outputs (Drake y Howcroft, 1994) o mismo el triple como refiere Stern et al. (1994), citado en Avkiran (1999). Sin embargo, Avkiran (1999) considera que el DEA, para discriminar de forma efectiva entre DMU's eficientes e ineficientes, apenas necesita que la muestra sea superior al producto de las variable input por las variables output, debiendo la ratio $\frac{N^{\circ} DMU's}{N^{\circ} inputs * N^{\circ} outputs}$ ser superior a la unidad. En este

estudio la ratio asume un mínimo de 1,33 y un máximo de 3,00 cumpliendo el requisito establecido por el autor.

En términos agregados, hemos elegido una serie de 6 modelos de DEA, definidos a partir de distintas combinaciones de indicadores de inputs y outputs, a través de las cuales se evalúa la eficiencia.

Cuadro 3 – Modelos DEA aplicados en los Sistemas de RSU

		DEA 1	DEA 2	DEA 3	DEA 4	DEA 5	DEA 6
Outputs	producción RSU	X	X	X	X	X	X
	recogida selectiva		X		X		X
	beneficiarios	X	X	X	X	X	X
Inputs	Nº empleados	X	X			X	X
	gastos del personal			X	X	X	X
	gastos corrientes	X	X	X	X	X	X

La diferencia entre los modelos se centra en la utilización, en alternativa, de la variable personal en términos de coste operativo o el número de operarios al servicio, y otro modelo con la combinación de las dos variables. Por otra parte, se intentó observar cual es el impacto específico de la variable de outputs recogida selectiva.

El desarrollo de la técnica del DEA recurrió a la versión de demostración del programa Frontier Analyst, a través de la formulación dual del problema, que consiste en la minimización del consumo de recursos dados unos outputs fijos, a semejanza de lo que hice Prior et al. (1993), teniendo en cuenta que la gestión de RSU es un servicio a la población con unas características estándares. Los resultados obtenidos se recogen en el cuadro 4.

Cuadro 4 – Estimación de la Eficiencia de los Modelos DEA

SISTEMA	DEA 1	DEA 2	DEA 3	DEA 4	DEA 5	DEA 6	MEDIA
SMM-A	0,63	0,63	0,55	0,55	0,63	0,63	0,60
SMM-B	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
SMM-C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SMM-D	0,73	0,87	0,74	0,85	0,75	0,87	0,80
SMM-E	0,83	0,84	0,78	0,80	0,83	0,84	0,82
SMM-F	0,75	0,75	0,69	0,70	0,75	0,75	0,73
SMM-G	0,87	1,00	0,69	0,70	0,87	1,00	0,86
SMM-H	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
SMM-I	0,47	0,47	0,56	0,56	0,56	0,56	0,53
SIM-J	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SIM-K	0,60	0,60	0,74	0,74	0,74	0,74	0,69
SIM-L	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

La DMU más eficiente es la que necesita menos cantidades de input para producir una unidad de output, observándose que las unidades ineficientes son siempre las mismas en todos los modelos, con excepción para la empresa SMM-G que es eficiente en el DEA 2 y 6 y la empresa SMM-H que solo es ineficiente en el DEA 1.

Con la finalidad de se pudieren reforzar las conclusiones extraídas de los 6 modelos, a partir de los datos de las variables utilizadas en el DEA y de los datos respecto a la población del área de influencia de cada empresa, se elaborarán los indicadores de inputs y outputs que se exponen abajo.

Cuadro 5 – Indicadores de Outputs de los Sistemas de RSU

SISTEMA	Producción RSU/ habitante (Kg)	Recogida selectiva/ habitante (Kg)	Tasa de reciclaje	Recogida RSU ² / empleado (Kg)
SMM-A	346	9,8	2,8%	1.967
SMM-B	322	13,0	4,0%	2.619
SMM-C	348	8,3	2,4%	2.809
SMM-D	390	19,3	4,9%	2.504
SMM-E	365	12,5	3,4%	2.504
SMM-F	355	9,8	2,7%	2.327
SMM-G	551	24,1	4,4%	4.702
SMM-H	574	28,7	5,0%	2.950
SMM-I	723	19,4	2,7%	1.666
SIM-J	301	5,9	2,0%	18.277
SIM-K	372	6,4	1,7%	1.943
SIM-L	513	16,4	3,2%	3.681

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6 – Indicadores de Inputs de los Sistemas de RSU

SISTEMA	Gasto operativo/ Recogida RSU (€)	Gasto operativo/ Habitante (€)	Coste del personal/ Recogida RSU (€)	Productividad (VAB/ N° empleados) (€)
SMM-A	22,5	7,8	8,6	82.839
SMM-B	13,4	4,3	5,5	59.348
SMM-C	12,3	4,3	4,5	53.321
SMM-D	18,0	7,0	5,5	61.712
SMM-E	15,2	5,5	6,7	63.288
SMM-F	18,1	6,4	6,5	64.715
SMM-G	21,0	11,6	5,3	216.766
SMM-H	9,9	5,7	4,5	53.442
SMM-I	20,0	14,4	7,6	55.351
SIM-J	31,7	9,5	0,3	36.829
SIM-K	22,2	8,3	4,7	9.787
SIM-L	9,3	4,8	5,0	26.330

Fuente: Elaboración propia

² La variable Producción de RSU es la misma que la variable Recogida de RSU, una vez que todos los residuos producidos son recogidos. La razón del cambio en la denominación ha sido el hecho de que se tratan de aspectos de análisis distintos.

Se observa que la variable de input gastos de personal tiene un impacto negativo en las DMU's SMM-A, SMM-E, SMM-F e SMM-G, que se explica por tiñeren el coste de personal por tonelada recogida más elevado. Por el contrario, la variable nº de empleados tiene un impacto negativo en las DMU's SMM-I e SIM-K.

En términos generales, se puede afirmar que la variable recogida selectiva no produce efectos relevantes en el análisis, excepto en los sistemas gestionados por las empresas SMM-D y SMM-G, si tuviéremos en cuenta la tasa de reciclaje de los RSU y las cantidades de recogida selectiva por habitante, como se observa en el cuadro 5.

Otra conclusión se refiere a que los Sistemas gestionados por las empresas SMM-A, SMM-I e SIM-K son las más ineficientes en términos medios, principalmente debido a la baja densidad poblacional de su área de influencia cuando comparada con los restantes sistemas, resultando que el nº de toneladas recogidas por empleado es significativamente menor. Por otra parte eso se debe también a que los costes operativos y de personal por tonelada recogida, en términos generales, sean los más elevados de la muestra que queda demostrado en el cuadro 6.

Al final, se verifica que los modelos 5 y 6, que incluyen todas las variables de inputs, son los que registran los coeficientes de eficiencia más elevados, teniendo en cuenta que recogen los mejores aspectos de cada DMU. Teniendo en cuenta el resultado de la empresa SMM-I en el DEA 6 (0,56), que es la DMU relativamente más ineficiente, esto significa que las DMU's eficientes (SMM-B, SMM-C, SMM-G, SMM-H, SIM-J e SIM-L) pueden obtener por lo menos el nivel de cada output de la DMU SMM-I utilizando en el limite el 56% de los recursos (inputs) utilizados por esta. O entonces, que la DMU SMM-I debería producir su actual nivel de outputs con el 56% de los recursos disponibles, o utilizando menos el 44 % de nivel de consumo.

En los cuadros 7 y 8 se recogen los valores óptimos asociados a cada variable del DEA 6, tanto en términos de outputs como en términos de inputs, así como la variación positiva o negativa, en términos absolutos y relativos.

Cuadro 7 – Aumento de los valores de las variables de output para las DMU's relativamente ineficientes

	Producción de RSU				Recogida Selectiva				Beneficiarios			
	Valor Real	Valor Optimo	Variación	%	Valor Real	Valor Optimo	Variación	%	Valor Real	Valor Optimo	Variación	%
SMM-A	27.537	27.537	0	0,0	779	779	0	0,0	79.480	79.480	0	0,0
SMM-D	165.276	187.446	22.170	13,4	8.167	8.167	0	0,0	423.538	423.538	0	0,0
SMM-E	107.692	107.692	0	0,0	3.691	3.691	0	0,0	295.087	295.087	0	0,0
SMM-F	344.390	344.390	0	0,0	9.466	9.466	0	0,0	969.803	969.803	0	0,0
SMM-I	283.166	283.166	0	0,0	7.619	13.660	6.041	79,3	391.819	519.697	127.878	32,6
SIM-K	79.653	79.653	0	0,0	1.365	2.377	1.012	74,1	213.984	213.984	0	0,0

Fuente: Elaboración propia

A pesar del modelo DEA estar orientado hacia la minimización de los inputs, teniendo en cuenta unos outputs fijos, aun determina cual es el incremento posible respecto a cada una de las variables de las DMU's. Se observa que es posible registrarse un incremento poblacional en el área geográfico del Sistema gestionado por la empresa SMM-I en un 32,6%. En cuanto a la recogida selectiva, se pueden registrar aumentos muy significativos en el área geográfica del Sistema gestionado por las empresas SMM-I y SIM-K, en un 79,3% y un 74,1%.

Cuadro 8 – Disminución de los valores de las variables de input para las DMU's relativamente ineficientes

	Nº Empleados				Gastos del Personal				Gastos Corrientes			
	Valor Real	Valor Optimo	Variación	%	Valor Real	Valor Optimo	Variación	%	Valor Real	Valor Optimo	Variación	%
SMM-A	14	9	-5	-35,7	237.932	119.996	-117.936	-49,6	620.111	393.596	-226.514	-36,5
SMM-D	66	57	-9	-13,6	916.656	772.528	-144.128	-15,7	2.977.724	2.593.420	-384.304	-12,9
SMM-E	43	36	-7	-16,3	718.084	535.719	-182.365	-25,4	1.633.164	1.366.103	-267.061	-16,4
SMM-F	148	111	-37	-25,0	2.231.103	1.514.041	-717.062	-32,1	6.250.421	4.702.023	-1.548.398	-24,8
SMM-I	170	91	-79	-46,5	2.165.152	1.215.486	-949.666	-43,9	5.658.274	3.176.470	-2.481.804	-43,9
SIM-K	41	22	-19	-46,3	371.724	276.783	-94.941	-25,5	1.769.156	1.317.305	-451.851	-25,5

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los inputs se observa la posibilidad de se registraren reducciones tanto en los gastos corrientes como en los gastos de personal, así como en el número de empleados, que asumen siempre valores muy relevantes como es el caso del número de empleados en las empresas SMM-I y SIM-K, con respectivamente, el 46,5% y el 46,3%, los gastos del personal en las empresas SMM-A y SMM-I, con el 49,6% y el 43,9% y, los gastos corrientes en el caso de las empresas SMM-I y SMM-A, con el 43,9% y el 36,5%.

Finalmente, teniendo como base la media de los modelos se obtuvo también el siguiente cuadro:

Cuadro 9 – Cuadro Resumen de la eficiencia media de los Modelos DEA

	Eficientes		Ineficientes				Total
			> 0,8		< 0,8		
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Sistemas Multimunicipales	2	22,2	4	44,5	3	33,5	9
Sistemas Intermunicipales	2	66,7	0	—	1	33,3	3
Total	4	33,3	4	33,3	4	33,3	12

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la media de la muestra, el 33,3% de las entidades que gestionan Sistemas de RSU son eficientes y el 33,3% tienen un índice de ineficiencia superior al 0,8. Cuanto a los Sistemas Multimunicipales, que representan el 75% del total de la muestra, apenas 2 son eficientes, a pesar del Sistema SMM-H, se quedar con una media del 0,99, siendo que 44,5% de las entidades gestoras de los SMM poseen una ineficiencia superior al 0,8.

Conclusiones

El buen funcionamiento de los Sistemas de RSU supone que los ciudadanos dispongan de medios que posibiliten la correcta recogida de basuras, maximizando la recogida selectiva, con la periodicidad adecuada y al menor coste. Para que eso ocurra, las infraestructuras y equipamientos deben ser adecuados y gestionados de forma racional, asegurando la eficacia y sostenibilidad de los Sistemas.

El establecimiento de un conjunto de indicadores de aceptación generalizada para la medición de la actividad y calidad de los servicios prestados a las poblaciones permitirá el establecimiento de comparaciones y la evaluación en términos temporales de los aspectos más destacados.

Este trabajo intentó suministrar una primera aproximación a la evaluación de la eficiencia en los Sistemas de RSU en Portugal a través del método DEA, que contempla las múltiples dimensiones de las entidades a la hora de evaluar la influencia de los diversos factores en la eficiencia, proporcionando una valoración relativa de la eficiencia de cada DMU y sugiriendo líneas de acción para una mejor asignación de recursos en los Sistemas ineficientes, pudiendo aún utilizarse como indicador complementario de otros indicadores.

En conclusión, a pesar de los indicadores establecidos, que evidencian que un tercio de las entidades que gestionan Sistemas de RSU son eficientes, estos datos pueden estar influenciados en lo que respecta a los Sistemas Intermunicipales teniendo en cuenta la fiabilidad de los datos económico-financieros. De hecho, según Avkiran (1999) una de las principales desventajas del método DEA es que, cuando la integridad de los datos es violada, los datos no pueden ser interpretados con confianza. Por otra parte, creemos que el hecho de que la generalidad de los Sistemas aun no haya terminado su periodo de inversión en infraestructuras puede influenciar negativamente la evaluación de su eficiencia.

A pesar de la naturaleza pionera de este trabajo, tanto por la utilización del método DEA en Portugal, donde no conocemos ningún otro estudio que haga recurso a esta metodología, como por el carácter novedoso del análisis en el sector de los RSU, este trabajo presenta diversas limitaciones, que posibilitan el profundizar en esta área de investigación.

El establecimiento de mecanismos que permitan la comparabilidad de los indicadores de eficiencia de las entidades gestoras de los Sistemas Multimunicipales con los Sistemas Intermunicipales, puede ser resuelto con la implantación del Plan Contable de las Autarquías Locales en Portugal en los Sistemas Intermunicipales.

Por otra parte, la inexistencia de datos fiables podría resolverse a través de la obligatoriedad de entrega de las cuentas anuales en el Instituto de los Residuos, conduciendo, como consecuencia, a la publicación de indicadores

anuales, a la disseminación de esos indicadores en las empresas y a la implantación generalizada de sistemas de contabilidad de gestión padronizados.

BIBLIOGRAFÍA

AL-SHAMMARI, M. (1999), "A multi-criteria data envelopment analysis model for measuring the productive efficiency of hospitals", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 19, nº 9, p. 879-890.

ANCARANI, A. (2000), "Evolution of Water Firms Performance in providing Water Services in Sicily", *ELASM International Conference on Accounting, Auditing & Management in Public Sector Reforms*, Zaragoza (Spain), p. 13-20.

AVKIRAN, N. (1999), "An application reference for data envelopment analysis in branch banking: helping the novice researcher", *International Journal of Bank Marketing*, Vol. 17, nº 5, p. 206-220.

CHARNES, A., et al. (1978), "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, nº 6, November, p. 429-444.

DRAKE, L. y HOWCROFT, B. (1994), "Relative efficiency in the branch network of a UK bank: an empirical study", *OMEGA*, Vol. 22, nº 1, p. 83-90.

EMROUZNEJAD, A. y THANASSOULIS, E. (1996), "An extensive bibliography of Data Envelopment Analysis", *Discussion Paper from Warwick Business School*, University of Warwick (UK).

INR – Instituto dos Resíduos (1999), *Produção de Resíduos Sólidos Urbanos 1999*, Instituto dos Resíduos, Lisboa (Portugal).

LOZANO CHAVARRÍA, P. y MANCEBÓN TORRUBIA, M. J. (1999), "La Eficiencia Productiva: empresa nacional versus empresa extranjera", *II Encuentro de Economía Aplicada*, Zaragoza (España).

NORMAN, M. y STOKER, B. (1991), *Data Envelopment Analysis: the assessment of performance*, John Wiley and Sons, Chichester.

PINA MARTINEZ, V. y L. TORRES PRADAS (1999), *Análisis de la Información Externa, Financiera y de Gestión de las Administraciones Públicas*, 2ª edición, ICAC, Madrid.

PINA MARTINEZ, V. y L. TORRES PRADAS (1995), "Evaluación del rendimiento de los Departamentos de Contabilidad de las universidades españolas", *Hacienda Pública Española*, nº 135, p. 183-190.

PRIOR, D. et al. (1993), *La Evaluación de la Eficiencia en los Sectores Privado y Público*, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.

SDC – Sindicatura de Comptes de Catalunya (1995), *Transporte Urbano Colectivo de Superficie en Cataluña. Indicadores 1994 – Informe 21/95-SM*, Sindicatura de Comptes de Catalunya, Barcelona.

SOTERIOU, A. y STAVRINIDES, Y. (2000), "An internal customer service quality data envelopment analysis model for bank branches", *International Journal of Bank Marketing*, Vol. 18, nº 5, p. 246-252.