

Título: *Metodología de aplicación del Análisis Envoltante de Datos. Evaluación de la eficiencia técnica en la Universidad de Santiago de Compostela*

Autor: MURIAS FERNÁNDEZ, Pilar

Cualificación: Sobresaliente *cum laude*

Ano de defensa pública: 2003

Universidade: Universidade de Santiago de Compostela (USC)

1. INTRODUCCIÓN

Durante as últimas décadas rexistrouse unha tendencia xeral nos países desenvolvidos a reducir ou conxelar os fondos destinados para a educación superior (entre 1998 e 2000, o gasto medio en educación terciaria, como porcentaxe do PIB, caeu nos países OCDE de 1,3 a 1,0). As diferentes administracións concentráronse no control da eficiencia coa que operan as institucións universitarias. En moitos países desenvolvidos, as restricións presupostarias prexudicaron especialmente as institucións que dependen en maior medida dos fondos públicos. España non é unha excepción a esta tendencia, aínda que as limitacións presupostarias chegaron, no noso caso, un pouco máis tarde que noutros países.

Os problemas financeiros na Educación Superior española aparecen como resultado dunha pronunciada caída no número de estudantes matriculados. As razóns últimas desta baixada na cifra de universitarios están relacionadas co cambio demográfico e tamén cunha reorientación das preferencias dos estudantes cara a estudos de ciclo curto e de formación profesional. A situación forza os xestores universitarios a enfrontarse a uns presupostos cada vez máis restritivos, o que significa que deben considerar coidadosamente os criterios para a asignación dos recursos existentes. Ata agora, algúns deses recursos asignáranse de xeito case automático como resposta ás solicitudes dos distintos departamentos, pero neste clima restritivo, faise necesario analizar en que medida eses departamentos están a utilizar de forma eficiente os fondos cos que contan. Calquera proceso de toma de decisións, polo tanto, debería vir precedido por unha análise da eficiencia das distintas unidades que conforman a institución universitaria.

A avaliación da eficiencia neste tipo de institucións non é nada novo. Algúns países como Gran Bretaña, Estados Unidos ou Australia teñen unha gran tradición neste tipo de análise. Moitos destes estudos utilizaron a Análise Envoltante de Datos, unha técnica que permitiu comparar diferentes universidades (Anh, Charnes e Cooper, 1988; Athanassopoulos e Shale, 1997; Hanke e Leopoldseder, 1998; McMillan e Datta, 1998; Avkiran, 2001); departamentos da

mesma disciplina en universidades diferentes (Tomkins e Green, 1988; Johnes e Johnes, 1993 e 1995; Beasley, 1990 e 1995; Madden, Savage e Kemp, 1997) ou departamentos da mesma universidade (Sinuany-Stern, Mehrez e Barboy, 1994; Arcelus e Coleman, 1997). Ningún destes traballos identifica claramente ao axente baixo o punto de vista do que se realiza a análise da eficiencia, nin tampouco a razón última pola que esta análise se leva a cabo. Non obstante, Dyson, Athanassopoulos e Thanassoulis (1994) mostraron que esta era unha cuestión fundamental. Sarrico e Dyson (2000) subliñan este problema e analizan os resultados dos departamentos da universidade de Warwick (G. B) considerando distintos axentes avaliadores e o seu particular xeito de interpretar a eficiencia da universidade.

En liña cos traballos de Sarrico e outros (1997) e Sarrico (1998), neste traballo procédese a avaliar a eficiencia dos departamentos da Universidade de Santiago, identificando claramente o axente interesado na avaliación, que non é outro que o órgano reitor da propia universidade. A novidade deste estudo radica no feito de que a análise de eficiencia reconece explicitamente a subxectividade que implica o feito de que sexa o Reitorado o que está interesado nos resultados, e por esa razón, incorpóranse as súas preferencias e xuízos de valor no proceso de avaliación.

2. OBXECTIVOS

Esta investigación céntrase na avaliación da eficiencia técnica na Universidade de Santiago de Compostela, adoptando a perspectiva do órgano reitor da universidade, encargado da asignación de prazas de profesorado e persoal administrativo, así como da repartición de recursos monetarios no seo da propia institución. Para iso, emprégase unha das técnicas máis aplicadas na valoración da eficiencia en axencias públicas: a Análise Envoltante de Datos (DEA). O tema da investigación permite definir dous obxectivos claros para esta:

1. Delimitar un procedemento de aplicación da técnica utilizada na avaliación da eficiencia.
2. Avaliar a eficiencia técnica dos 72 departamentos da Universidade de Santiago de Compostela.

3. ESTRUTURA

Con este dobre obxectivo de recompilación teórica e traballo aplicado, a investigación realizada estruturouse sobre tres eixes.

O primeiro deles ocúpase da problemática xeral relacionada coa definición e estimación da eficiencia e os métodos empregados no devandito proceso de estimación. O interese céntrase nun deses métodos, a Análise Envoltante de

Datos, que será o que se empregue na parte aplicada deste traballo. Ademais dun repaso polas súas orixes e formulacións iniciais, tamén se recollen as formulacións alternativas desenvolvidas nos anos posteriores como resultado da relaxación dalgúns dos seus supostos fundamentais.

O segundo eixe revisa as vantaxes e inconvenientes prácticos da Análise Envoltente de Datos e describe a problemática derivada da súa aplicación, ordenando a exposición arredor da definición dun procedemento articulado en tres etapas ben diferenciadas en calquera proceso de modelización: especificación do modelo, execución e análise dos resultados.

Finalmente, o terceiro eixe ocúpase da aplicación deste procedemento á avaliación da eficiencia técnica na Universidade de Santiago de Compostela. Na especificación do modelo, incorpóranse variables sobre a calidade do produto das dúas actividades fundamentais en Educación Superior: docencia e investigación. Ademais, fórmulanse escenarios distintos en función de cales sexan as prioridades do organismo decisor, dende cuxa perspectiva se leva a cabo a análise. Desta forma móstrase a incorporación de xuízos de valor nas formulacións DEA.

A investigación remata cun apartado de conclusións derivadas do proceso do traballo e apunta algunhas das súas extensións futuras.

4. METODOLOXÍA

Aínda que con recoñecidos e non recoñecidos precedentes (Farrell, 1957; Boles, 1971), a orixe da Análise Envoltente de Datos sitúase nun traballo de Charnes, Cooper e Rhodes no ano 1978. DEA permite avaliar a eficiencia relativa dun conxunto de institucións que comparten as mesmas metas e obxectivos, tendo en conta todos os inputs e todos os outputs que interveñen no proceso produtivo e comparando cada institución individual con outras institucións similares. Unha das características máis atractivas da Análise Envoltente é que emprega unicamente información empírica, co que non precisa establecer hipótese sobre a forma da función de produción.

En xeral, DEA pretende determinar que unidades (*Decision Making Unit*, DMU) están utilizando os recursos eficientemente, e polo tanto, constitúen a función de produción empírica, e cal é o grao de ineficiencia das demais. Isto, para calquera proceso produtivo no que se utilicen p factores (x_1, x_2, \dots, x_p) na produción de q outputs (y_1, y_2, \dots, y_q) e para o que se conte cun número n de observacións correspondentes a n unidades de decisión distintas, pero homoxéneas.

O modelo concreto, inicialmente suxerido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), denominado modelo ratio CCR consistía na resolución do seguinte programa fraccional para cada unha das n unidades:

$$\max_{u_r, v_i} \frac{\sum_{r=1}^q u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^p v_i x_{i0}}$$

suxeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^q u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^p v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1 \dots n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad r = 1 \dots q \quad i = 1 \dots p$$

Con este programa perséguese a maximización dunha especie de índice de produtividade total dos factores (unidades de output producido por cada unidade de input empregada) para cada DMU. No numerador do índice resúmense todos os outputs nun único *output virtual*, igual que no denominador un único *input virtual* recolle todos os factores empregados no proceso produtivo. Non obstante, para esta agregación non se utiliza un sistema de prezos convencional, por outra parte xeralmente inexistente, senón un conxunto de ponderacións, cuxo valor é precisamente o que se pretende achar, de tal forma que maximice a ratio para cada DMU e, ao mesmo tempo, faga que as ratios das demais sexan menores que un.

Coñecidas as ponderacións, a ratio resultante para cada DMU, que toma un valor entre 0 e 1, representa o seu nivel de eficiencia. Neste contexto, unha DMU considérase eficiente se existe un *vector de ponderacións* (u, v), para o cal a ratio alcance o valor un. Noutro caso, será ineficiente porque mesmo co vector de ponderacións que máis favorece a unidade que está sendo avaliada, é posible atopar outra que alcanza unha ratio de eficiencia maior, o que quere dicir que existe outra/s unidade/es similar/es (en canto á utilización de inputs e outputs) que se comporta/n mellor. Estas unidades, que son as correspondentes ás restricións que se saturan no óptimo do problema, constitúen o grupo de referencia para a DMU avaliada e son aquelas das que debe aprender para alcanzar a eficiencia.

Este programa fraccional é doadamente linealizable o que facilita o cálculo da taxa de eficiencia e a consecuente difusión do DEA. Lamentablemente, a enorme facilidade de implementación práctica da técnica, tamén fomentou que en ocasións esta se aplique de xeito automático, sen ter en conta factores que, aínda

que non relacionados coa formulación matemática do modelo, poden influír notablemente nos resultados obtidos a partir desta. Algunhas destas cuestións son:

- A dimensionalidade do modelo, entendida como a diferenza entre o número de unidades e o de variables, da que depende a capacidade discriminatória de DEA. Se esta dimensionalidade non é suficiente, DEA cualificará como eficientes, unidades que realmente non o son.
- A selección de unidades suficientemente homoxéneas, para evitar que a existencia dun factor diferencial poida levar a comparacións inxustas que se plasmen nunhas estimacións de eficiencia igualmente inxustas.
- A selección adecuada de variables, que teña en conta non só os factores cuantitativos que interveñen no proceso produtivo, senón tamén factores cualitativos e mesmo non controlables cando así corresponda.
- A atención á presenza de posibles erros de medición nas variables (outliers), que pode afectar ás estimacións de eficiencia dalgunhas unidades.
- A escolla axeitada da hipótese de rendementos a escala.

Estas son algunhas das cuestións máis importantes que deben terse en conta á hora de aplicar a Análise Envlovente de Datos. Non obstante, as características do problema en si, as unidades analizadas, os seus obxectivos e polo tanto as variables de interese, poden formular novos problemas que precisen un tratamento específico para que DEA poida funcionar correctamente e os resultados de eficiencia obtidos non resulten afectados por cuestións alleas ao propio funcionamento produtivo das unidades de análise.

5. DESENVOLVEMENTO DO CONTIDO

5.1. Especificación do modelo

Os 72 departamentos da Universidade de Santiago de Compostela foron clasificados para a análise en dous grupos, en función do seu grao de experimentalidade: un grupo 1, formado por 38 unidades non experimentais e un grupo 2, con 34 departamentos experimentais. A hipótese subxacente é que consideralos a todos en conxunto podería distorsionar os resultados, porque as unidades experimentais poden necesitar máis recursos para realizar investigación ou para formar o alumnado.

A identificación de inputs e outputs a nivel departamento é particularmente problemática. Algúns inputs non pertencen especificamente a un departamento, e os outputs non se identifican facilmente porque os departamentos non dan lugar a un produto final, como o número de graduados a nivel universidade. Neste traba-

llo utilizáronse catro inputs: a capacidade docente, definida como a suma dos créditos que imparte cada departamento; o número de bolseiros; os recursos asignados ao departamento polo reitorado no ano anterior en concepto de premio por investigación e o número de matriculados en materias do departamento.

Con respecto aos outputs, pretendeuse captar non só os niveis de actividade, senón tamén a calidade da docencia e a investigación. As medidas de “cantidade” de docencia empregadas neste traballo son a carga docente por departamento en 1º e 2º ciclo e a correspondente carga de 3º ciclo. Polo que se refire a calidade da docencia, incorpórase unha variable que recolle a cualificación obtida polo departamento na Enquisa de Valoración do Profesorado, así como o número de aprobados.

Con respecto á investigación, utilízase un único factor que combina aspectos cualitativos e cuantitativos: a produción científica de cada departamento que rexistra anualmente o reitorado.

Tendo en conta os problemas que poden xurdir cando se combinan cualificacións que van de 0 a 5 con porcentaxes e outras variables de volume, realizáronse algunhas modificacións. En primeiro lugar, multiplicouse a variable carga docente nos primeiros ciclos pola cualificación na enquisa, obtendo así unha nova variable que representa a carga docente ponderada pola súa calidade. Por outro lado, incluíuse unha restrición adicional no modelo, obrigando a que as ponderacións da variable alumnos matriculados e alumnos aprobados sexan iguais, co fin de que este recolla en realidade os aprobados en termos relativos e non en termos absolutos.

Finalmente, e aínda que non entrou no modelo DEA, si se considerou a variable nota media de entrada na universidade para os alumnos de cada departamento. Este factor tívose en conta nunha segunda etapa, na que se tentou descubrir se a “capacidade dos alumnos aproximada desta forma, inflúe nas taxas de eficiencia conseguidas polos distintos departamentos”.

Outros aspectos relevantes para a especificación do modelo como a dimensionalidade, positividade e isotonicidade, a correcta formulación de hipóteses sobre rendementos ou a elección da orientación tivéronse en conta tamén nesta etapa. En particular, optouse por rendementos constantes e orientación output, o que inflúe na versión lineal considerado do modelo DEA fraccional.

5.2. Primeiros resultados

Cando os 72 departamentos da universidade son avaliados conxuntamente a través do modelo especificado, 17 departamentos (24%) resultan eficientes. O número de departamentos eficientes pertencentes a cada grupo é similar, aínda que a ineficiencia media no grupo non experimental é lixeiramente superior á do grupo experimental. Cando se consideran os dous grupos separadamente, máis do 60% das

unidades do grupo non experimental resultan eficientes, mentres que na análise conxunta a porcentaxe é só do 24%. Non obstante, a análise do grupo experimental mostra uns resultados coincidentes coa análise global, clasificando como eficientes os mesmos 8 departamentos. A partir destes resultados parece deducirse que as unidades máis eficientes da USC pertencen precisamente ao grupo experimental.

Coa intención de estudar as fontes da eficiencia lograda polos departamentos, realizouse unha análise das ponderacións virtuais, que indican a porcentaxe de eficiencia que se debe a cada un dos factores considerados no modelo. A devandita análise puxo de manifesto que as variables que máis achegaban á eficiencia dos departamentos eran a docencia en terceiro ciclo e a produción científica, pero as variables de docencia nos primeiros ciclos apenas eran consideradas polos distintos departamentos á hora de avaliar a súa eficiencia. Neste sentido, as circunstancias baixo as que algunhas unidades avalían a súa eficiencia poden resultar non aceptables para o Reitorado: pode acontecer que algunhas das variables teñan dende o seu punto de vista, máis importancia que outras.

5.3. A introdución das preferencias do decisor

Co propósito de incorporar as preferencias do Reitorado sobre os distintos outputs utilizáronse restricións sobre as ponderacións virtuais, é dicir, restricións sobre a porcentaxe de achega á eficiencia das variables produto consideradas. Ao impoñerse sobre a achega relativa e non a absoluta, estas restricións non están afectadas por problemas de escala, e ademais teñen a vantaxe de que a súa interpretación é bastante intuitiva. Este último aspecto favorece a interacción entre o axente, cuxas preferencias deben introducirse no modelo (neste caso o Reitorado) e o propio analista.

O estudo formula distintos escenarios de preferencias por parte do decisor, todos eles coa característica común de que esixen que a variable de produción científica e a variable aprobados sexan as que máis pesen na avaliación da eficiencia de cada un dos departamentos. En función do escenario considerado, realízase unha priorización das variables restantes nun ou noutro sentido, e mesmo se establecen cotas superiores sobre a achega dalgúns dos factores.

O resultado é que baixo calquera escenario que se considere, o número de unidades eficientes se reduce considerablemente con respecto ao modelo que non ten en conta as preferencias do axente interesado na eficiencia. Ademais, o número de unidades eficientes é lixeiramente maior cando se prioriza a produción científica sobre o número de aprobados, aínda que a eficiencia media estimada é maior no segundo caso. En concreto, existen 5 departamentos, todos eles do grupo experimental, que resultan eficientes baixo todos os escenarios considerados.

6. CONCLUSIÓNS

A caída no número de estudantes está a provocar, ou a agravar, unha serie de dificultades financeiras nalgúns institucións universitarias. No contexto de frecuentes recortes financeiros, o control sobre a asignación do presuposto convértese nunha cuestión crítica, ao igual que calquera avaliación da situación que preceda a un proceso de toma de decisións. Para que o proceso de avaliación consiga resultados que poidan utilizarse na etapa de toma de decisións, as preferencias do decisor deben terse en conta xa no momento da avaliación.

Este traballo analiza a eficiencia da Universidade de Santiago de Compostela dende o punto de vista do órgano reitor da devandita universidade. As súas preferencias ou xuízos de valor introdúcense no modelo de avaliación a través de restricións virtuais sobre as ponderacións, o que tamén incrementa a capacidade discriminatória da técnica empregada.

O modelo DEA deseñado neste estudo pode facilitar a curto prazo a toma de decisións con respecto á asignación de recursos limitados. Ademais, a longo prazo podería proporcionar ideas para mellorar a produtividade da institución no seu conxunto.

A sensibilidade das taxas de eficiencia estimadas polo modelo foi analizada, e atopouse que a supresión de certos factores ou departamentos, non modifica de xeito significativo os resultados obtidos por este. Tamén se estudou a relación entre estes resultados e a variable nota media de entrada na universidade dos alumnos. Aínda que os resultados non son concluíntes, debido ao número limitado de observacións, coa información dispoñible non se atopou evidencia de que a capacidade do alumnado inflúa na eficiencia dos departamentos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AHN, T., CHARNES, A. e COOPER, W. W. (1988) Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of Public and Private Institutions of Higher Learning. *Socio-Economic Planning Sciences* (22: 6) 259-269.
- ARCELUS, F. J. e COLEMAN, D. F. (1997) An efficiency review of university departments. *International Journal of Systems Science* (28) 721-729.
- ATHANASSOPOULOS, A. D. e SHALE, E. (1997) Assessing the comparative efficiency of Higher Education institutions in the UK by means of Data Envelopment Analysis. *Education Economics* (5: 2) 117-134.
- AVKIRAN, N. K. (2001) Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences* (35) 57-80.
- BEASLEY, J. E. (1990) Comparing university departments. *OMEGA, International Journal of Management Sciences* (18) 171-183.

- BEASLEY, J. E. (1995) Determining Teaching and Research Efficiencies. *Journal of the Operational Research Society* (46) 441-452.
- BOLES, J. N. (1971) The 1130 Farrell efficiency system-multiple products, multiple factors. *Giannini Foundation of Agricultural Economics*, February 1971.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W. e RHODES, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* (2) 429-444.
- DYSON, R. G.; ATHANASSOPOULOS, A. D. e THANASSOULIS, E. (1994) Performance measurement systems, managerial control and data envelopment analysis. Research paper 117, Warwick Business School.
- FARRELL, M. J. (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society, Serie A* (120: 3) 253-281.
- HANKE, M. e LEOPOLDESEDER, R. (1998) Comparing the efficiency of Austrian universities. A Data Envelopment Analysis Application. *Tertiary Education and Management* (4: 3) 191-197.
- JOHNES, J. e JOHNES, G. (1993) Measuring the research performance of UK Economics departments: an application of Data Envelopment Analysis. *Oxford Economic Papers* (45) 332-347.
- JOHNES, J. e JOHNES, G. (1995) Research funding and performance in U. K. university departments of Economics: A Frontier Analysis. *Economics of Education Review* (14: 3) 301-314.
- MADDEN, G.; SAVAGE, S. e KEMP, S. (1997) Measuring public sector efficiency: a study of economics departments at Australian universities. *Education Economics* (5) 153-168.
- MCMILLAN, M. L. e DATTA, D. (1998) The relative efficiencies of Canadian universities: A DEA perspective. *Canadian Public Policy- Analyse de Politiques* (24: 4) 485-511.
- SARRICO, C. S. (1998) *Performance Measurement in UK Universities: Bringing in the Stakeholders' Perspectives using Data Envelopment Analysis*. PhD Thesis, University of Warwick.
- SARRICO, C. S. e Outros (1997) Data envelopment analysis and university selection. *Journal of the Operational Research Society* (48) 1163-1177.
- SARRICO, C. S. e DYSON, R. G. (2000) Using DEA for planning in UK universities- an institutional perspective. *Journal of the Operational Research Society* (51) 789-800.
- SINUANY-STERN, Z., MEHREZ, A. e BARBOY, A. (1994) Academic departments efficiency via DEA. *Computers Operations Research* (21) 543-556.
- TOMKINS, C. e GREEN, R. (1988) An experiment in the use of data envelopment analysis for evaluating the efficiency of UK university departments of accounting. *Financial Accountability and Management* (4: 2) 147-164.