

Análisis de Estabilidad y Determinantes de Eficiencia: Evidencia Empírica

(Recibido: 07/05/2016; Aceptado: 17/06/2016)

Caravaca-Garratón M.¹; Solana-Ibáñez J.²; Para-González L.²

¹ Departamento de Ciencias e Informática.

Centro Universitario de la Defensa, Academia General del Aire
C/ Coronel López Peña s/n, 30720, Santiago de la Ribera, Murcia (España)

² Departamento de Ciencias Económicas y Jurídicas.

Centro Universitario de la Defensa, Academia General del Aire
C/ Coronel López Peña s/n, 30720, Santiago de la Ribera, Murcia (España)

Teléfono: 968189979

Email: manuel.caravaca@tud.upct.es

Resumen. El procedimiento bietápico de Simar y Wilson marcó un punto de inflexión en la metodología del Análisis Envolvente de Datos (DEA), dado que la significatividad de cierto factor exógeno proporciona una información estratégica de valor incalculable. En este trabajo se analiza la hipótesis de que la eficiencia de las regiones turísticas españolas durante el período 2005-2013, viene determinada por un grupo de variables ambientales. Se define el Coeficiente de Estabilidad (CE) ilustrando su utilidad para reforzar la significatividad de cada atractor. Los resultados permiten clasificarlos en fuertes o débiles, fortaleciendo así el proceso de toma de decisiones de ámbito tanto político como privado, cuyo objetivo primordial es preservar la eficiencia en la gestión de los recursos.

Palabras clave. Análisis Envolvente de Datos; determinantes de eficiencia; análisis de estabilidad; procedimiento bootstrap de dos etapas.

Abstract. Simar and Wilson's Two-stage procedure supposed a turning point in the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology, as the significance of an exogenous factor can help policy makers for strategic decisions. This paper define the Stability Coefficient (SC) and present that the efficiency of the Spanish tourism regions for 2005-2013 is determined by a group of contextual variables, illustrating how the SCs strengthen the significance of each potential attractor. The results classify the attractors into strong and weak, allowing the decision process, avoiding the wastefulness of decision making units spending.

Keywords. Data Envelopment Analysis; efficiency determinants; stability analysis; two-stage bootstrap procedure.

1. Introducción

Mejorar la eficiencia de las Unidades de Decisión (DMUs) en un entorno socio económico como el actual, marcado por la carencia de recursos, adquiere una importancia estratégica cualquiera que sea la esfera considerada: privada o pública. En consonancia con la turbulencia característica del nuevo escenario, la literatura de eficiencia ha reorganizado sus áreas de interés mediante el desarrollo de nuevas metodologías. Entre ellas, destaca notablemente el análisis de los determinantes de la eficiencia, puesto que la significatividad de factor ambiental dado, es decir, de una variable de carácter no discrecional para la unidad evaluada, puede proporcionar información precisa de elevado valor estratégico para el proceso de toma de decisiones. En consecuencia, el foco para el análisis se sitúa en la segunda etapa de los denominados procedimientos bootstrap de dos etapas, en la que el análisis sobre la importancia de cada factor exógeno requiere un análisis más profundo que permanece inexplorado en la literatura relacionada. Por lo tanto, con el fin de profundizar en la investigación sobre la

significatividad de tales factores exógenos, se propone en este artículo un análisis innovador con el objetivo de estudiar la estabilidad de los estimadores de eficiencia ante pequeños cambios en las variables del problema.

Con este propósito, definimos el Coeficiente de Estabilidad (CE); su magnitud revela el efecto de cada variable ambiental en los estimadores de eficiencia, complementando así a los estimadores derivados del algoritmo de (Simar y Wilson, 2007, 2011). Para proporcionar nueva evidencia empírica, se emplean datos de 17 regiones españolas (Comunidades Autónomas) durante el período 2005 a 2013. Seleccionamos un grupo de atractores turísticos considerados habitualmente estratégicos en el caso español, aplicamos el procedimiento bootstrap de dos etapas de (Simar y Wilson, 2007) y demostramos cómo los CE refuerzan el conocimiento relativo a la significatividad de cada factor considerado.

La Sección II describe la metodología bietápica de doble bootstrap y el marco de referencia del análisis de estabilidad. La Sección III presenta los principales resultados empíricos. El artículo finaliza con algunas observaciones finales concisas.

2. Metodología

Junto con la estimación de la frontera de referencia para evaluar el rendimiento de DMUs, la exploración de la influencia de un grupo de factores exógenos, $Z \in Z \subset \mathbb{R}^t$, en el proceso de producción supone un reciente avance en la literatura. El objetivo último reside en examinar la hipótesis de que la eficiencia viene determinada por variables ambientales no controlables por parte de las unidades pero que pueden influir en el proceso de producción subyacente.

Las propuestas de tipo bietápico han sido aplicados por la mayoría de investigadores y los trabajos de (Simar y Wilson, 2007, 2011, 2015) han marcado un indiscutible punto de inflexión de este tratamiento. Los citados autores extendieron sus enfoques bootstrap de artículos previos para dar cuenta del impacto de las variables ambientales en la eficiencia. El modelo toma la siguiente forma:

$$\delta_i = \Psi(z_i, \beta) + \epsilon_i \quad (1)$$

Dado que los verdaderos coeficientes de eficiencia, δ_i , no son observables, la eficiencia técnica se estima mediante un modelo DEA, en una primera etapa, ignorando Z . Los estimadores resultantes de dicha etapa, $\hat{\delta}_i$, o bien los estimadores insesgados, $\hat{\delta}_i$, sustituyen a los δ_i no observados, y, en una segunda etapa, son regresados sobre el grupo de factores exógenos, z_i . Los investigadores han asumido típicamente $\Psi(z_i, \beta) = z_i \beta$, donde β es el vector de parámetros, representando el término ξ_i la parte de ineficiencia no explicada por z_i , y siguiendo, de acuerdo con (Simar y Wilson, 2007), una distribución normal truncada. Los detalles de los algoritmos pueden obtenerse de (Simar y Wilson, 2007, 2011, 2015). Computacionalmente, pueden resolverse mediante el paquete estadístico (R-project, 2015); para este propósito, el software FEAR 2.01 (30 Junio 2014), desarrollado por (Wilson, 2008) incluye entre sus rutinas: *dea*, *boot.sw98*, *rnorm.trunc* and *t.reg*. Resumimos los pasos del algoritmo-II de la siguiente forma:

1. Calcular los coeficientes de eficiencia de cada DMU, $\hat{\delta}_i$.
2. Estimar por Máxima Verosimilitud (MV) la regresión truncada de $\hat{\delta}_i$ sobre z_i , para obtener los estimadores $\hat{\beta}$ and $\hat{\sigma}_\epsilon$.
3. Para cada DMU, repetir los siguientes pasos B_1 veces para producir n conjuntos de estimadores, $\{\hat{\delta}_{ib}^*\}$, $b=1,2,\dots,B_1$
 - Obtener ϵ_i de la distribución $N(0, \hat{\sigma}_\epsilon)$
 - Calcular $\delta_i^* = z_i \hat{\beta} + \epsilon_i$
 - Calcular estimadores, $\hat{\delta}_i^*$, en el conjunto (x_i^*, y_i^*) donde los pseudo datos se calculan ajustando los valores mediante el uso de δ_i^* y $\hat{\delta}_i$.

4. Para cada DMU calcular el estimador insesgado, $\hat{\delta}_i$.
5. Estimar por MV la regresión truncada de $\hat{\delta}_i$ sobre z_i , para obtener los estimadores $\hat{\beta}$ y $\hat{\sigma}_\epsilon$.
6. Repetir los siguientes pasos B_2 veces para obtener un conjunto de estimadores de bootstrap $(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\epsilon^*)$ con $b=1,2,\dots,B_2$:
 - Obtener ϵ_i de la distribución $N(0, \hat{\sigma}_\epsilon)$
 - Calcular $\delta_i^{**} = z_i \hat{\beta} + \epsilon_i$
 - Estimar por MV la regresión truncada de δ_i^{**} sobre z_i , para obtener los estimadores $\hat{\beta}^*$ y $\hat{\sigma}_\epsilon^*$.
7. Construir intervalos de confianza para cada elemento de $\hat{\beta}$ y $\hat{\sigma}_\epsilon$, según se describe en como describieron (Simar y Wilson, 2007).

Una vez resuelto el procedimiento DEA bietápico, resulta útil conocer de qué modo pequeños cambios en las variables exógenas afectan a la eficiencia. A tal efecto, sean x y f n -tuplas de números reales que representan, respectivamente, un atractor cualquiera de nuestro problema y el vector de coeficientes de eficiencia. Definimos el CE, Ω , a través de la siguiente expresión (Trefethen y Bau III, 1997; Datta, 2010):

$$\Omega = \lim_{\epsilon \rightarrow 0^+} \sup_{\|\Delta x\| < \epsilon} \left[\frac{\|f(x + \Delta x) - f(x)\|}{\|f(x)\|} / \frac{\|\Delta x\|}{\|x\|} \right] \quad (2)$$

Esta ecuación representa el máximo valor del cociente entre el cambio fraccional en la eficiencia y un cambio fraccional Δx en el atractor x . Por lo tanto, el CE es un número definido positivo que representa cómo de sensible es la eficiencia ante pequeños cambios en los atractores. En el estudio de los coeficientes de eficiencia resulta razonable asumir que valores de Ω cercanos a la unidad implican estabilidad en el sistema: un pequeño cambio en el atractor conduce a un pequeño cambio en la eficiencia. Conforme Ω crece, el sistema se vuelve más inestable. Cuando Ω es menor que la unidad, el atractor se considera no significativo. Por el contrario, cuanto mayor es el valor de Ω más fuerte es la significatividad. Por lo tanto, este criterio nos permite clasificar a los atractores significativos en débiles y fuertes.

En la siguiente sección ilustramos una aplicación numérica del Análisis de Estabilidad para investigar la hipótesis de que la eficiencia turística de las 17 regiones españolas en el período 2005-2013 está determinada por un grupo concreto de variables contextuales. Calculamos Ω dentro del período cuando cada atractor se perturba aisladamente una pequeña cantidad, y determinamos si dicha variable externa es significativa atendiendo a la magnitud del CE.

3. Evidencia empírica

Las Tablas 1 y 2 contienen la información básica sobre los datos y variables de la aplicación propuesta.

Tabla 1. Inputs, outputs y factores exógenos. 2005-2013.

Variable	Tipo	Descripción de la variable
CAPAC ⁽¹⁾	Input	Número de camas
PERN ⁽¹⁾	Input	Número de personas con estancia de al menos una noche en un establecimiento
STAY ⁽¹⁾	Output	Número de noches que un viajero se aloja en un establecimiento
SEA	Ambiental	Variable dicotómica (0 if coastal; 1 otherwise)
CULP ⁽²⁾	Ambiental	Número de bienes de interés cultural
ART ⁽³⁾	Ambiental	Número de museos y colecciones artísticas
CONG ⁽⁴⁾	Ambiental	Porcentaje de asistencia a congresos y reuniones
RUR ⁽⁵⁾	Ambiental	Porcentaje sobre el área total de la Región según la Red Natura 2000 y las Áreas de Protección Natural
GOLF ⁽⁶⁾	Ambiental	Número de clubes federados de golf
FTUR ⁽⁷⁾	Ambiental	Número de restaurantes
STUR ⁽⁸⁾	Ambiental	Número de establecimientos de comercio al por menos

⁽¹⁾ Instituto Nacional de Estadística

⁽²⁾ Oficina General para la Protección del Patrimonio Histórico del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.

⁽³⁾ Estadísticas de Museos y Colecciones Museográficas, Ministerio de Cultura.

⁽⁴⁾ Spain Convention Bureau.

⁽⁵⁾ Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente y Federación EUROPARC.

⁽⁶⁾ Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.

⁽⁷⁾ Directorio DIRCE.

Anuario Económico de La Caixa.

Tabla 2. Inputs, outputs, factores exógenos. Resumen estadístico. 2005-2013.

Variable	Media	Desv. Est.
CAPAC	5958244,62	5435620,67
PERN	160619,12	150553,11
STAY	22225015,19	24158456,27
SEA	0,58	0,49
CULP	1468,55	1208,10
ART	85,22	54,56
CONG	7,89	5,25
RUR	33,46	12,23
GOLF	37,58	29,21
FTUR	4275,36	3458,25
STUR	60458,46	48158,12

Se ha aplicado el algoritmo II de Simar y Wilson (2007), bajo el supuesto de rendimientos variables a escala, en una regresión normal truncada sobre el

grupo de factores externos, como en (1). Posteriormente, se han construido intervalos bootstrap al 95% de confianza para cada parámetro estimado. La Tabla 3 muestra los resultados según los datos medios del periodo 2005-2013, incluyendo los coeficientes estimados, los límites inferiores y superiores de confianza y el valor del CE.

Tabla 3. Coeficientes estimados mediante el procedimiento en dos etapas y valor medio de Ω .

Coeficientes estimados		L.L.	U.L.	Ω
SEA	$\beta_1 = -3,85485$	-9,048	-0,757	-
CULP*	$\beta_2 = -0,00062$	0,001	0,003	0,889
ART	$\beta_3 = -0,01640$	-0,060	0,028	6,523
CONG	$\beta_4 = -0,44289$	-1,049	-0,096	1,412
RUR	$\beta_5 = -0,14798$	-0,374	-0,013	3,411
GOLF*	$\beta_6 = 0,02147$	-0,163	0,0194	0,645
FTUR	$\beta_8 = -0,00143$	-0,002	0,004	8,422
STUR	$\beta_9 = -0,0001$	-0,0002	0,0001	3,678

* Estadísticamente no significativas (5%)

El modelo se ajusta adecuadamente a los datos. Los coeficientes de las variables SEA, ART, CONG, RUR, FTUR y STUR son estadísticamente significativos, influyendo en el funcionamiento de las regiones españolas. El signo negativo en SEA indica que las regiones costeras son más eficientes. Dado que la eficiencia se mide en términos de la función de distancia de Shephard (1970), que es recíproca a la de Farrell (1957), el signo negativo en ART, CONG, RUR, FTUR y STUR indica una influencia positiva en el funcionamiento. Las dos variables exógenas restantes, CULP y GOLF, no son significativas al nivel 5%, ni siquiera al 10%.

El Análisis de Estabilidad permite enriquecer estos resultados a través de la magnitud de Ω . Cuanto mayor es Ω , mayor es la significatividad del atractor. Además, una distribución regular de Ω a lo largo del tiempo implica una influencia estable. Hemos obtenido patrones regulares en todas las variables excepto en CULP; a pesar de su aparente no significatividad, Ω es cercano a la unidad en el período promediado, lo cual refleja que la eficiencia puede verse afectada por pequeños cambios en CULP. Para los restantes atractores, Ω es consistente con los coeficientes estimados mediante el procedimiento de dos etapas. Como se observa en la Tabla 3, FTUR es la variable significativa más fuerte, mientras que CONG es la más débil. Los valores no significativos están relacionados con Ω menor que la unidad, como se desprende de la variable GOLF.

4. Conclusiones

Este artículo explora la conexión entre el Análisis de Estabilidad y el empleo del procedimiento semiparamétrico de dos etapas y doble bootstrap de (Simar y Wilson, 2007), con el objetivo de verificar hasta qué punto la actuación de un grupo de DMUs queda determinada por un conjunto de variables contextuales. Para la aplicación ilustrativa presentada, los coeficientes estimados en la Tabla 3

son estadísticamente significativos al 5% para SEA, ART, CONG, RUR, FTUR y STUR con respecto a la actividad turística de las regiones españolas en el período analizado. El Análisis de Estabilidad refuerza el conocimiento relativo a la significatividad de cada atractor. Los no significativos están relacionados con valores de Ω menores que la unidad, mientras que los significativos poseen un impacto mayor conforme Ω crece. Ello nos permite clasificar los atractores significativos en fuertes y débiles.

Referencias

- [1] Datta, B. N. (2010) *Numerical linear algebra and applications*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [2] Farrell, M. J. (1957) "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, pp. 253-290, vol. 120(3).
- [3] R-project. (2015) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria: <http://www.R-project.org>.
- [4] Shephard, R. W. (1970) *Theory of cost and production functions*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- [5] Simar, L., & Wilson, P. W. (2007) "Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes". *Journal of Econometrics*, pp. 31-64, vol. 136(1).
- [6] Simar, L., & Wilson, P. W. (2011) "Two-stage DEA: caveat emptor". *Journal of Productivity Analysis*, pp. 205-218, vol. 36(2).
- [7] Simar, L., & Wilson, P. W. (2015) "Statistical Approaches for Non-parametric Frontier Models: A Guided Tour". *International Statistical Review*, pp. 77-110, vol. 83(1).
- [8] Trefethen, L. N., & Bau III, D. (1997) *Numerical Linear Algebra* SIAM.
- [9] Wilson, P. W. (2008) "FEAR: A software package for frontier efficiency analysis with R". *Socio-economic planning sciences*, pp. 247-254, vol. 42(4).