

Factores determinantes en la eficiencia técnica de explotaciones de frijol*

Determinant factors in the technical efficiency of bean farms

Trifina Elizabeth Márquez Contreras^{1§}, Adelis Ramón Velásquez González², José Ovidio Flores Gutiérrez³, Sandra Lizbeth Flores Márquez⁴ y Hernando José Garzón Martínez⁵

¹Ejercicio profesional. Barinas 5201, Venezuela. ²Fondo para el Desarrollo Agrario Socialista (Fondas). Guanare 3350, Estado Portuguesa, Venezuela. (adelisvelasquez8@gmail.com). ³UNELLEZ-Guanare. Antiguo Convento de San Francisco, carrera 3 entre carrera 16 y 17, Mesa de Cavaca 3350, Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela. (joseovidioflores@gmail.com). ⁴Departamento. Ingeniería de Organización, Administración de Empresa y Estadística, Universidad Politécnica de Madrid. C/José Gutiérrez Abascal, 2.28006 Madrid, España. (sandralizbethflores@gmail.com). ⁵UNEFA. Vía El Toreño, 5201 Barinas, Venezuela. (hernandojosegarzon@gmail.com).
[§]Autora para correspondencia: elizamarquez2010@hotmail.com.

Resumen

Se evaluó la eficiencia técnica de 30 explotaciones de frijol ubicadas en el estado Portuguesa, Venezuela, considerando cinco insumos y un producto, que fue relacionada con variables de tipo socioeconómico y geoespacial. Se empleó el método Análisis Envolvente de Datos (DEA), por sus siglas en inglés, con un modelo orientado al producto. Según los resultados, en promedio, la eficiencia técnica global (ETG) fue 81.2%, desglosada en una eficiencia técnica pura (ETP) de 86.0% y una eficiencia de escala (EE) de 95.1%. Las ineficiencias causadas por la tecnología son mayores que las generadas por un tamaño o escala de producción subóptimo. Según las metas de planificación se puede elevar la producción agregada de frijol en 23.1%, sin aumentar la cantidad de insumos aplicados actualmente. Las variables socioeconómicas y las de tipo geoespacial no determinaron los niveles de eficiencia técnica de las fincas.

Palabras clave: DEA, eficiencia, insumo, producto, sig, Tobit.

Además de los riesgos inherentes a la actividad, las explotaciones de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) confrontan otros problemas que inciden en su eficiencia: los

Abstract

The technical efficiency of 30 bean farms located in Portuguesa State, Venezuela was evaluated considering five inputs and one product that was related to socioeconomic and geospatial variables. The Data Envelopment Analysis (DEA) method was used, a product-oriented model. According to the results, on average, the overall technical efficiency (ETG) was 81.2%, broken down into pure technical efficiency (PTE) of 86% and scale efficiency (EE) of 95.1%. Inefficiencies caused by technology are higher than those generated by a suboptimal size or scale of production. According to the planning goals, we can increase the aggregate bean production by 23.1% without increasing the amount of current applied inputs. The socioeconomic and geospatial variables did not determined the levels of technical efficiency on the farms.

Keywords: DEA, efficiency, GIS, input, output, Tobit.

In addition to the risks inherent in the business, farms bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) face other problems that affect its efficiency: production costs have increased significantly and grain prices may tend towards stagnation, as an indirect

costos de producción se han incrementado significativamente y los precios del grano pueden tender hacia el estancamiento, como un efecto indirecto de la nueva legislación venezolana en materia de regulación de precios de bienes y servicios, lo que implicaría rezagos de los incrementos de los precios con respecto a los costos de los insumos que derivarían, a su vez, en ganancias decrecientes. En este contexto, la solución más viable para los agricultores consiste en producir con la mayor eficiencia factible, elevando los niveles de producción sin aumentar las cantidades de insumos aplicados en la actualidad.

El uso de los recursos en explotaciones agrícolas venezolanas se ha evaluado desde la perspectiva de la productividad parcial de los factores. Por el contrario, esta investigación se aborda desde la perspectiva de la eficiencia técnica (ET). La identificación de las fincas eficientes, así como la medición de sus niveles de utilización de insumos, permitirá orientar las decisiones hacia la mejora de la capacidad competitiva de las fincas ineficientes. Este enfoque es relevante, ya que la gran mayoría de los estudios relacionados se han centrado en aspectos agroecológicos y técnicos, entre otros. Por otra parte, es importante asociar variables de tipo socioeconómico y geoespacial con los resultados de eficiencia, en la búsqueda de factores explicativos, lo cual constituye el aporte más importante de la presente investigación.

Por lo general, estos tres aspectos no suelen estudiarse de manera integrada debido, entre otras causas, a que la masificación de los softwares de sistemas de información geográfica (SIG) es relativamente reciente. Diversos autores han abordado tanto la eficiencia técnica como la relación de ésta con variables socioeconómicas (Perdomo *et al.*, 2007; Perdomo y Mendieta, 2007; Ajibefun, 2008; Mulwa *et al.*, 2009; Koc *et al.*, 2011). También se ha estudiado la distribución geoespacial de la ET a nivel de estados (Becerril-Torres *et al.*, 2011) o a nivel de regiones, enfatizando la eco-eficiencia (Samad *et al.*, 2008).

La medición de la eficiencia con el método DEA

Un aporte importante fue el trabajo de Farrell (1957) quien estableció el marco teórico básico para estudiar y medir la eficiencia global de la empresa. Esta teoría se aplica en la práctica utilizando, principalmente, dos metodologías: las aproximaciones paramétricas y las no paramétricas. Para la primera se recurre al uso de la econometría y para la segunda se emplea el método Análisis Envolvente de Datos (DEA), por sus siglas en inglés. Existen dos modelos básicos de DEA:

effect of the new Venezuelan legislation on the regulation of prices of goods and services, which would lag of price increases with respect to input costs that would result, in turn, in diminishing returns. In this context, the most viable solution for farmers is to produce the highest possible efficiency, increasing production levels without increasing the quantities of inputs actually applied.

The use of resources in Venezuelan farms has been evaluated from the perspective of partial factor productivity. On the contrary, this research is approached from the perspective of technical efficiency (ET). The identification of efficient farms and measuring their levels of input use, will guide decisions towards improving the competitiveness of inefficient farms. This approach is relevant, since the vast majority of related studies have focused on agro-ecological and technical aspects, among others. Moreover, it is important to associate socioeconomic and geospatial variables with the efficiency results in the search for explanatory factors, which is the most important contribution of this research.

Usually, these three aspects are often not considered in an integrated manner because, among other reasons, overcrowding of geographic information systems (GIS) is relatively recent. Several authors have addressed both technical efficiency and its relationship with socioeconomic variables (Perdomo *et al.*, 2007; Perdomo and Mendieta, 2007; Ajibefun, 2008; Mulwa *et al.*, 2009; Koc *et al.*, 2011). We also studied the geospatial distribution of ET at state (Becerril-Torres *et al.*, 2011) or at the level of regions, emphasizing the eco-efficiency (Samad *et al.*, 2008)

Measurement of efficiency with DEA method

An important contribution was the work of Farrell (1957) who established the basic framework for studying and measuring the overall efficiency of the company. This theory is applied in practice mainly using two approaches: parametric and nonparametric approaches. For the first one, resorting the use of econometrics and, the second one, based on the Data Envelopment Analysis method (DEA). There are two basic models of DEA: 1) DEA-RCE model. Developed by Farrell (1957) and popularized by Charnes *et al.*, (1978), in which a production frontier is assumed constant returns to scale (CRS) and; 2) The DEA-RVE model (Banker *et al.*, 1984), which assumes a convex border production and therefore is more suitable for agricultural production systems.

1) el modelo DEA-RCE desarrollado por Farrell (1957) y popularizada por Charnes *et al.* (1978), en el cual se asume una frontera de producción con rendimientos constantes a escala (RCE); y 2) El modelo DEA-RVE (Banker *et al.*, 1984), que asume una frontera de producción convexa y por ello, es más apropiado para los sistemas de producción agrícola.

Datos

Se recabó información de 2010, de 30 explotaciones de frijol ubicadas en el municipio San Genaro de Boconoíto, sector La Palaciera del estado Portuguesa, Venezuela. Como producto se emplearon los kilogramos de frijol (frijol) cosechados por finca, y cinco insumos: número de hectáreas (ha) sembradas por finca, así como los gastos totales en bolívares erogados por los conceptos de: preparación de tierra (laboreo), de semilla (semilla), control de malezas (malezas) y de cosecha (cosecha). La incorporación de gastos como insumos es adecuada según Castillo (2006). Se empleó un modelo DEA orientado a los productos, el cual fue resuelto con el programa informático Win4deap (Coelli, 1996).

Se determinaron las variables socioeconómicas: mano de obra familiar (número), mano de obra contratada (número), edad (años) y distancia (km) de la finca al centro poblado más importante (Guanare), ya que otras fueron descartadas por su homogeneidad. Se empleó la regresión Tobit, estimada con el software Stata (StataCorp, 2009). También se analizó la posible influencia de otros factores en la eficiencia (edafoclimáticos o cercanía a vías de acceso), mediante la distribución espacial de los puntajes de ETG por fincas (clasificados según superaran o no la media), a las cuales se le determinaron las coordenadas x e y . Se empleó el software Arcgis, v. 9.2 (ESRI Inc., 2008).

Estimación de la eficiencia de las fincas productoras de frijol

Las explotaciones de frijol arrojaron una media de 850.7 kg ha⁻¹, valor inferior ($p > 0.01$) al promedio nacional de 1 200 kg ha⁻¹ (Fedeagro, 2012). Solo ocurrió una correlación perfecta entre ha y laboreo, por lo cual se eliminó este último insumo del modelo DEA (Chediak y Rodríguez, 2011).

La ETG media de las fincas fue de 81.2%, lo cual indica que sus producciones de frijol podrían incrementarse, en promedio en 23.2%, sin aumentar los recursos aplicados actualmente y operando al tamaño de escala más productivo. Por otra parte, el valor mínimo (ETG= 71.4%) revela que la finca menos

Data

Information was obtained in 2010, from 30 bean farms located in the municipality of San Genaro Boconoíto, Sector Palaciera, Portuguesa State, Venezuela. As product, we used kilograms of beans (beans) harvested per farm, five inputs: number of hectares (ha) planted per farm and total expenditures in bolivars incurred by the concepts of soil preparation (plowing) of seed (seed), weed control (malezas) and harvest (harvest). The incorporation of costs as inputs is suitable according with Castillo (2006). DEA oriented model products, which was resolved with Win4deap software was used (Coelli, 1996).

Socioeconomic variables were identified: family labour (number), hired labour (number), age (years) and distance (km) from the farm to the population centre most important (Guanare), and others were discarded by their homogeneity. The Tobit regression was estimated with Stata (StataCorp, 2009). The possible influence of other factors were also analysed in efficiency (soil-climate and proximity to roads) by the spatial distribution of scores TSG per farms (classified according if they exceeded or not the mean), determining the coordinates x and y . The Arcgis, software was used v. 9.2 (ESRI Inc., 2008).

Efficiency estimation of farms producing beans

Farms bean threw an average of 850.7 kg ha⁻¹, lower value ($p > 0.01$) than the national average of 1 200 kg ha⁻¹ (Fedeagro, 2012). Only occurred a perfect correlation between ha and labour, so the latter input was removed from the DEA model (Chediak and Rodríguez, 2011)

The average ETG of the farms was 81.2%, indicating that their bean production could increase on by 23.2% without increasing the resources currently applied and operating the most productive scale size. Moreover, the minimum value (ETG= 71.4%) reveals that less efficient farm production should increase 40.1% to reach the production level 2 group compared to efficient farms, representing 6.7% of the sample.

The average rate of pure technical efficiency (PTE= 86%) can be estimated that the production of inefficient farms should be increased by 16.3% to be efficient to scale established by the group of 7 farms with 100% of ETP representing 23.3% of the sample.

eficiente debería incrementar su producción en 40.1% para alcanzar el nivel productivo de las 2 fincas eficientes del grupo comparado, que representa 6.7% de la muestra.

El índice medio de eficiencia técnica pura (ETP= 86%) permite estimar que la producción de las fincas ineficientes debería ser incrementada en 16.3%, en promedio, para ser eficientes a la escala establecida por el grupo de 7 fincas con 100% de ETP, que representa 23.3% de la muestra.

El índice de eficiencia de escala promedio (EE= 95.1%) refleja que hay ineficiencias debidas a que 36.7% (100%-63.3%) de las fincas no están operando, en promedio, a sus tamaños óptimos (medido por los volúmenes de producto). Estas ineficiencias de escala se atribuyen menos a tamaños por encima del óptimo (1 finca que representa 3.3%) que a tamaños por debajo del óptimo, que presentan 10 fincas (33.3% de la muestra) que operan con rendimientos a escala crecientes (irs). Estas fincas conforman un grupo considerado como un problema estructural de la agricultura de algunos países (Papageorgiou y Spathis, 2000).

La ineficiencia generada por el uso de la tecnología de producción es mayor que la ineficiencia de escala, lo cual justifica la formulación y ejecución de un plan de transferencia de tecnología, aunque la brecha tecnológica no es tan acentuada como el reportado en estudios de otros cultivos (Ajibefun, 2008; Mulwa *et al.*, 2009; Koc *et al.*, 2011). Finalmente, se tiene que la tecnología de las fincas con producción de frijol se ajusta a rendimientos constantes a escala ($p > 0.05$).

Análisis de segundo nivel

Debido a que los rendimientos constantes a escala resultaron relevantes y solo hay dos fincas con 100% de eficiencia, se empleó la media de la ETG para formar dos categorías (Castillo, 2006): 1) nivel de eficiencia inferior a la media ($ETG \leq 81.2\%$); y 2) nivel de eficiencia superior a la media ($ETG > 81.2\%$). Cada uno de los insumos y productos fueron medidos en totales por finca y, luego, promediados por grupo. Los resultados indican que no existen diferencias ($p > 0.05$) en las cantidades de insumos aplicados en los procesos productivos en las fincas, discriminadas por niveles de eficiencia, pero si hubo diferencias ($p < 0.05$) en la producción de frijol, lo cual explica las disparidades en los niveles de eficiencia de los dos grupos de fincas comparados.

The average efficiency rating scale (SE= 95.1%) reflects that there are inefficiencies due to 36.7% (100%-63.3%) of the farms are not operating, to their optimal sizes (measured by volumes of product). These inefficiencies of scale are attributed least above the optimum sizes (one farm which represents 3.3%) than under optimal sizes, which present 10 farms (33.3% of the sample) operating under increasing returns to scale (IRS). These farms are a group considered a structural problem of agriculture in some countries (Papageorgiou and Spathis, 2000).

The inefficiency generated by the use of technology production is larger than the scale inefficiency, justifying the development and implementation of a plan of transfer of technology, but the technology gap is not as pronounced as reported in studies of other cultures (Ajibefun, 2008; Mulwa *et al.*, 2009; Koc *et al.*, 2011). Finally, technology in farms with bean production adjusted to constant returns to scale ($p > 0.05$).

Second level analysis

Because the constant returns to scale were relevant and there are only two farms with 100% efficiency, the average of the ETG was used to form two categories (Castillo, 2006): 1) level of less than average efficiency ($ETG \leq 81.2\%$) and; 2) level above average efficiency ($ETG > 81.2\%$). Each of the inputs and outputs were measured in total per farm and then averaged per group. The results indicated that there are no differences ($p > 0.05$) in amounts applied in production processes on farms discriminated by efficiencies inputs, but there were differences ($p < 0.05$) in bean production, which explains disparities in levels of efficiency compared two groups of farms.

The inputs and outputs of each level of efficiency were divided between the surfaces. The group with a level lower than the average efficiency emitted amounts per hectare slightly higher for concepts seed and weed control, but lower in heading harvest. On the other hand, presented a lower bean productivity. Importantly, the average productivity of bean producers sample was lower (850.7 kg ha^{-1}) ($p < 0.01$) than the national average ($1\ 200 \text{ kg ha}^{-1}$) estimated for 2011 (Fedeagro, 2012)

The DEA model generated information to develop a plan of benchmarking to efficient technology transfer to less efficient farms. In short, for all farms evaluated, can increase aggregate bean production from 234 970 kg to 289 200 kg.

Los insumos y productos de cada nivel de eficiencia fueron divididos entre la superficie. El grupo con un nivel de eficiencia inferior a la media erogó montos por hectárea ligeramente superiores por conceptos de semilla y control de malezas, pero inferiores en la partida cosecha. Por otra parte, presentó una menor productividad del frijol. Es importante destacar que la productividad media del frijol de la muestra de productores (850.7 kg ha^{-1}) estuvo por debajo ($p < 0.01$) de la media nacional ($1\ 200 \text{ kg ha}^{-1}$ de frijol) estimada para el año 2011 (Fedegro, 2012).

El modelo DEA generó información para elaborar un plan de benchmarking, a fin de transferir tecnología de las fincas eficientes a las menos eficientes. En síntesis, para el conjunto de fincas evaluadas, se puede elevar la producción agregada de frijol de 234.970 kg a 289.200 kg .

Determinantes socioeconómicos de la eficiencia en el cultivo de frijol

Solo la mano de obra familiar tuvo incidencia ($p < 0.05$) en la eficiencia de las fincas productoras de frijol, generando un incremento de 5.1% de ETG por individuo. Pero, debido a que la evaluación estadística del modelo Tobit reveló problemas de validez, se aplicó la correlación Rho de Spearman, que confirmó que ninguna de las variables socioeconómicas está relacionada con la ETG, incluso la variable MO Familiar ($p = 0.08$), por lo cual ésta se descarta como variable determinante de la eficiencia técnica y se recomienda continuar la contrastación empírica.

Distribución espacial de los índices de ETG

Los puntajes de ETG obtenidos por cada finca se distribuyeron muy aleatoriamente en la zona de estudio, por lo cual se infiere que no fueron influenciados por la distancia a carretera o por variables edafoclimáticas, debido quizás a que la asistencia técnica pública que recibieron.

Conclusiones

En la muestra de explotaciones de frijol la eficiencia técnica global (ETG) fue 81.2% , desglosada en una eficiencia técnica pura (ETP) de 86% y una eficiencia de escala (EE) de 95.1% . Asimismo, las ineficiencias causadas por la tecnología son mayores que las generadas por un tamaño o escala de producción subóptimo.

Socioeconomic determinants of efficiency in bean crop

Only family labour took effect ($p < 0.05$) in the efficiency of farms producing beans, generating an increase of 5.1% TSG. However, due to the statistical evaluation, the model Tobit revealed problems of validity, Rho Spearman correlation, confirmed that none of the socioeconomic variables is related to the ETG, including the variable familiar MO ($p = 0.08$) was applied by which it is discarded as a determining variable technical efficiency and recommends continued empirical testing.

Spatial distribution of ETG rates

ETG scores obtained by each farm is quite randomly distributed in the study area, so it is inferred that were not influenced by the distance to the road or soil-climatic variables, perhaps because the public technical assistance they received.

Conclusions

In the sample of farms bean, the overall technical efficiency (ETG) was 81.2% , broken down into pure technical efficiency (PTE) of 86% and scale efficiency (EE) of 95.1% . Similarly, the inefficiencies caused by technology are higher than those generated by a suboptimal size or scale production.

The technology of producing is set to constant returns to scale. In studies on the predominant type of technology on farms has not reached a consensus on their adjustment to variable or constant returns to scale.

According to the goals formulated in the plan for the sampling of farms, the aggregated output can get increase from $234\ 970 \text{ kg}$ to $289\ 200 \text{ kg}$, representing an increase of $54\ 230 \text{ kg}$ (23.1%). Considering that, the models are oriented in products, these increases were obtained with current levels of inputs (or a small reduction thereof in some cases) applied to production processes, and are not significantly larger because farms tend to be relatively homogeneous in terms of using technology due largely to receive technical assistance from public institutions. If achieving these increases of production, it would help to improve the food security of the country and also to improve the quality of life of the object of planning agricultural producers.

La tecnología de las fincas productoras de frijol se ajusta a rendimientos constantes a escala. En los estudios sobre el tipo de tecnología predominante en las explotaciones agrarias no se ha llegado a un consenso acerca de su ajuste a rendimientos constantes o variables a escala.

Según las metas del plan formulado para la muestra de explotaciones de frijol se puede elevar la producción agregada de 234.970 kg a 289.200 kg, lo que supone un incremento de 54.230 kg (23.1%). Debido a que los modelos están orientados a productos, estos incrementos se obtendrían con los niveles actuales de insumos (o con una pequeña reducción de los mismos, en algunos casos) aplicados a los procesos productivos, y no son significativamente más grandes porque las fincas tienden a ser relativamente homogéneas en cuanto al uso de tecnología debido, en gran medida, a que reciben asesoría técnica de parte de instituciones públicas. De lograr concretarse estos aumentos de producción, se contribuiría a mejorar la seguridad agroalimentaria del país y, también, a elevar la calidad de vida de los productores agropecuarios objeto de la planificación.

Las variables socioeconómicas y las relacionadas con factores del entorno como las edafoclimáticas o de cercanía a las vías de acceso no determinaron los niveles de eficiencia técnica de las fincas estudiadas. La causa más probable de que los hallazgos de esta investigación no concuerden con los reportados por Binam *et al.* (2003); Ríos y Shively (2005) y Koc *et al.* (2011), entre otros, es que la asistencia técnica pública que recibe el grupo de productores objeto de estudio, minimiza la incidencia de sus aspectos socioeconómicos y de variables del entorno (edafoclimáticas y la distancia a las vías de acceso) en los niveles de eficiencia de sus explotaciones.

Literatura citada

Ajibefun, I. 2008. An evaluation of parametric and non-parametric methods of technical efficiency measurement: application to small scale food crop production in Nigeria. *J. Agric. Soc. Sci.* 4:95-100.

Banker, R.; Charnes, A. and Cooper, W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Managem. Sci.* 30(9):1078-1092.

Becerril-Torres, O.; Rodríguez, G. y Ramírez, J. 2011. Eficiencia técnica del sector agropecuario de México: Una perspectiva de análisis envolvente de datos. *Economía.* 36(31):85-110.

Socioeconomic and related environmental factors such as soil and climatic or close to access roads variables did not determine the levels of technical efficiency of the farms studied. The most likely cause of the findings of this research are not consistent with those reported by Binam *et al.* (2003); Rivers and Shively (2005) and Koc *et al.* (2011), among others, is that public technical assistance received by the producer group under study, minimizes the impact of their socioeconomic and environmental variables (soil and climate and distance from access roads) levels of efficiency of their operations.

End of the English version



Binam, J.; Silla, K.; Diarra, I. and Nyambi, G. 2003. Efficient among coffee farmers in Côte d'Ivoire: Evidence from the centre west region. *R. D. Managem.* 15(1):66-75.

Castillo, M. 2006. Eficiencia técnica de la producción de vacuno de carne en la dehesa. *Rev. Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros.* 212:139-154.

Charnes, A.; Cooper, W. and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units, *Eur. J. Operatio. Res.* 2(6):429-44.

Chediak, F. y Rodríguez Y. 2011. La eficiencia relativa en cobertura educativa de los municipios del Tolima, aplicando el análisis envolvente de datos -DEA- año 2009. *Scientia et Technica* 17(47):44-48.

Coelli, T. 1996. A guide to deap version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program. Cepa working paper núm. 8-96. University of New England, Department of Econometrics, England. 50 p.

ESRI Inc. 2008. 380 New York Street. Redlands, CA92373-8100, USA.

Farrel, M. 1957. The measurement of productive efficiency. *J. Royal Statis. Soc. Series A.* 120(3):253-290.

FEDEAGRO (Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2012. Estadísticas agrícolas. <http://www.fedeagro.org/produccion/default.asp>.

Koc, B., Gul, M. y Parlakay, O. 2011. Determination of technical efficiency in second crop maize growing farms in Turkey: case study for the east Mediterranean in Turkey. *Asian J. Animal Vet. Adv.* 6(5):488-498.

Marín, D. 2002. Rendimiento y producción agrícola vegetal: un análisis del entorno mundial (1997-1999) y de Venezuela (1988-2001). *Agroalimentaria.* 15:49-73.

Martín, R. 2005. La eficiencia en la asignación de recursos destinados a la educación superior: el caso de la Universidad de La Laguna. Tesis doctoral. Universidad de la Laguna. España. 231 p.

Mulwa, R.; Emrouznejad, A. and Muhammad, L. 2009. Economic efficiency of smallholder maize producers in Western Kenya: a DEA meta-frontier analysis. *Int. J. Oper. Res.* 4(3):250-267.

- Papageorgiou, K. and Spathis, P. 2000. Agriculture policy, stochastic. (Ed.). 1st. Agriculture University of Athens, Athens, Greece.
- Perdomo, J.; Hueth, D. y Mendieta, J. 2007. Factores que afectan la eficiencia técnica en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. Ensayos sobre Economía Cafetera. 22:121-40.
- Perdomo, J. y Mendieta, J. 2007. Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. Desarrollo y Sociedad. 60:1-45.
- Ríos, A. and Shively, G. 2005. Farm size and nonparametric efficiency measurements for coffee farms in Vietnam. American Agriculture Economics Association. *In*: <http://www.agecon.purdue.edu/staff/shively/rs.pdf>.
- Samad, M.; Liem, M.; Ancev, T. and Yu'Ting, L. 2008. Measuring environmental performance of irrigated cotton enterprises. AARES 52nd. Annual Conference Rydges Lakeside Canberra, ACT, Australia. 5-8 February.
- StataCorp. 2009. Stata statistical software: release 11.1. College station. TX: stata corporation.