

Factores que afectan la eficiencia técnica en el Sector Cafetero Colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos

Jorge Andrés Perdomo *

Darrell Hueth **

Juan Carlos Mendieta ***

Palabras claves: Eficiencia Técnica, Información Microeconómica, DEA, pequeños, medianos, grades y sector general de productores cafeteros, Quindío, Caldas y Risaralda

RESUMEN

La eficiencia técnica es un concepto relativo, utilizado convencionalmente, para saber si un productor obtiene el máximo nivel de producción, de acuerdo a la cantidad insumos empleados en el proceso. El presente estudio, con datos microeconómicos de los caficultores del país, determinó mediante la aplicación de Análisis Envolvente de Datos, DEA la eficiencia técnica por tipo de productor (pequeño, mediano y grande) y sector general cafetero, para la zona productora de café más representativa de Colombia, comprendida por los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. La eficiencia técnica, se hace necesaria pero no suficiente, para determinar si un productor está minimizando costos en producción y maximizando beneficios en la actividad.

Entre los resultados más destacados se encontró que gran parte de los pequeños y medianos caficultores son ineficientes técnicamente, mientras los grandes son eficientes en la práctica. Mediante DEA se obtuvo un puntaje promedio de eficiencia técnica de 36 por ciento en pequeños, 51 por ciento medianos, 60 por ciento grandes y 42 por ciento en el sector general de caficultores de la zona central en estudio. Estos promedios de ET, comparados con estudios similares en África y Vietnam, indican una inferior ET en los pequeños y grandes caficultores colombianos, confrontados con los mismos grupos en Vietnam.

A partir de la evidencia en estos dos países se puede deducir que en Colombia con características similares, en cuanto a cantidades de insumos empleados en los cultivos para pequeños y grandes caficultores, se produce menos que en Vietnam. Lo que indica que, potencialmente, se pueden aumentar las cuantías obtenidas de café con los mismos montos de los factores empleados en la actividad.

* jor-perd@uniandes.edu.co

** Departamento de Economía Agrícola y Recursos Naturales, 2200 Symons Hall, College Park, MD 20742, U.S.A. e-mail: dhueth@arec.umd.edu

*** Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE), Facultad de Economía, Universidad de los Andes; A.A. 4976, Bogotá, D.C.; Colombia. URL: <http://economia.uniandes.edu.co>

INTRODUCCIÓN

Colombia es el tercer productor de café en el mundo y el principal productor de café Arábica lavado¹. Desde 1870 empezó a desarrollar su producción comercial y actualmente representa el dos por ciento del PIB nacional. Según la Federación Nacional de Cafeteros (2003) en el país, hay aproximadamente 560 mil fincas dedicadas a cultivar café en las cuales se encuentran los pequeños, medianos y grandes productores².

La zona cafetera de Colombia abarca 3,6 millones de hectáreas, de las cuales 869.500 están dedicadas al cultivo del grano en la que se produjeron 11,6 millones de sacos³ en el año 2003, según la Federación Nacional de Cafeteros. En esta parte del país se encuentran 590 municipios cafeteros, en los cuales viven 560 mil caficultores. La principal región cafetera de Colombia (Quindío, Risaralda y Caldas), donde se llevo a cabo de este estudio, tiene las características ideales para el cultivo de café, con suelos derivados de cenizas volcánicas, entre 1.200 metros sobre el nivel del mar y precipitaciones entre los 1800 y 2500 litros por metro cuadrado anualmente⁴.

De acuerdo con Pizano (2001), la unidad de producción que predomina es la pequeña que provee el 15 por ciento de la producción total, y simultáneamente aporta una parte significativa de la mano de obra que se requiere en las unidades productivas más grandes. Le sigue las unidades empresariales, medianos productores, que generan el 40 por ciento de la producción nacio-

nal y finalmente los cafeteros empresariales, grandes productores, que producen el 45 por ciento del total de cosecha cafetera en el país⁵. El sector cafetero⁶ en Colombia emplea de manera directa a 530 mil personas aproximadamente⁷ y unas 2,5 millones de personas dependen del cultivo.

El café en Colombia ha sido de vital importancia para la economía, es así como llego a representar hasta el 80 por ciento del total de las exportaciones⁸. Del mismo modo, la caficultura ha tenido importantes efectos sobre la demanda de bienes y servicios en la economía colombiana, la inversión industrial, el ahorro interno, la capacidad para importar materias primas y bienes de capital⁹. La caficultura, sin duda, es en parte responsable de los cambios ocurridos entre 1870 y 1930, que permitieron integrar la economía del país y que generaron positivos efectos políticos y sociales¹⁰.

Sin embargo la crisis cafetera¹¹ mundial de la década de los años noventa, afectó la participación del producto en las exportaciones colombianas. Los bajos precios presentados como resultado del exceso de oferta mundial, contribuyeron a que el café perdiera participación en la balanza comercial, y respecto a los productos no tradicionales de exportación como las flores¹².

Adicionalmente a los efectos de la crisis cafetera en el mercado externo del grano, se le suma la reducción del tamaño medio de los predios cafeteros. En tal sentido, en Colombia se ha venido fragmentado la tierra dedicada al cultivo del grano. Este fenómeno, asociado principalmente al crecimiento demográfico en la región, en-

1. Banco Mundial (2002), Estudio del sector cafetero en Colombia, *Informe No 24600-CO del Banco Mundial*. Washington, Agosto de 2002. Es una variedad de café cultivado generalmente en zonas altas, suave y con el lavado se busca eliminar totalmente el mucílago del grano.
2. De acuerdo con Ramírez, Silva, Valenzuela, y Villegas (2002), el 64 por ciento de los caficultores son minifundistas con menos de media hectárea sembrada en café, el 31 por ciento de los productores corresponden a unidades empresariales cafeteras campesinas con un promedio de 2,2 hectáreas sembradas en café y los cafeteros empresariales son el 5 por ciento del total de unidades productivas, con fincas que fluctúan entre 7 y 35 hectáreas cultivadas en café.
3. De 60 kilogramos.
4. Los ciclos dependen de la altitud, entra más alto se prolonga el ciclo y entre más bajo más corto.
5. Silva (2002).
6. Para el presente estudio el sector general de cafeteros se entiende como la agregación de los pequeños, medianos y grandes caficultores de la región de estudio.
7. Consejo Internacional del Café (2003), Cartagena Colombia
8. Arteta (1985), p. 17.
9. Silva (2002).
10. Pizano (2001), p. 3.
11. Ocasionadas por problemas estructurales de índole macroeconómica como declinación de precios internacionales del grano, aumento en el área cultivada a escala mundial de café, ruptura del pacto internacional de café... Ver más detalles en Ramírez, Silva, Valenzuela, y Villegas (2002).
12. Ver Publicación histórica de estadísticas del sector externo colombiano, del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE.

tre otras causas, que obligó a las familias cafeteras a dividir sus terrenos entre el número de miembros de la familia ante la imposibilidad de encontrar nuevas oportunidades en el mercado laboral¹³.

Simultáneamente, para mitigar la incertidumbre generada por la volatilidad de los precios internacionales del grano, los productores diversificaron hacia otras actividades agrícolas como ganadería y plátano. Estos dos factores, diversificación y fragmentación, se supone han contribuido a la disminución en el área sembrada en café. Desde 1970 hasta 1997 el área del cultivo del grano ha disminuido en un 18,5 por ciento; entre 1970 y 1981 la reducción fue de 5,9 por ciento y entre 1981 y 1997 la caída en hectáreas cultivadas del grano fue de 12,6 por ciento¹⁴.

Otra preocupación en la economía cafetera de Colombia, está relacionada con los costos de producción. El país es uno de los más afectados con las crisis internacionales del producto por tener costos de producción relativamente altos, en comparación con otros países representativos en la caficultura mundial. El costo de producción de una libra de café en Vietnam oscila entre 20 y 22 cvs de dólar/libra. En Colombia en 2001 era de 57 cvs de dólar/libra para grandes productores, 60 cvs de dólar/libra para los medianos y 61 cvs de dólar/libra para los pequeños; en Brasil está entre 45 y 50 ctv/lba¹⁵.

De esta manera, los fenómenos de fragmentación de tierras cafeteras, diversificación de cultivos y otros factores, pueden estar afectando la eficiencia productiva y asignativa en Colombia, y generar altos costos de producción. Presumiblemente esta coyuntura, pueden repercutir en la productividad y competitividad de la producción cafetera, razón por la cual es importante realizar estudios encaminados a mejorar las prácticas que puedan repercutir positivamente en una mayor productividad, competitividad y,

consecuentemente, en la mejora de la situación económica de los caficultores del país.

Habida cuenta de la importancia del grano en la economía, la cultura y ámbito social colombiano, se han realizado diferentes estudios¹⁶ de tipo académico e institucional, sobre los procesos de producción y determinantes de la productividad en el sector cafetero del país. Esto con el fin de encontrar, diseñar y formular políticas que aumenten la productividad y competitividad en el sector y enfrentar así con éxito los cambios estructurales que se han tejido globalmente alrededor del producto.

Sin embargo, es importante resaltar que la falta de información en los estudios sobre la caficultura constituye una limitante significativa. En el caso específico de Colombia la falta de información discriminada por tipo de productor y detallada a nivel microeconómico, se ha convertido en uno de los problemas más críticos en la formulación de políticas económicas para el sector.

Ante la carencia de información estadística y de estudios confiables, las decisiones de política que se tomen en la producción de café en Colombia, puede conducir a resultados que perjudiquen al sector en vez de favorecerlo con el consecuente deterioro de la competitividad en los mercados internacionales y el incremento de las dificultades para enfrentar los problemas de tipo estructural que actualmente afronta la caficultura mundial.

Según el estudio de García y Ramírez (2002), «es muy poco lo que se conoce sobre las particularidades de los pequeños productores, específicamente sobre los aspectos microeconómicos de su actividad, o de las interacciones de estos con otras actividades de índole social, económica, cultural y política. Esta falta de información y análisis limita la elaboración de un diagnóstico más preciso de la caficultura y de los caficultores del país y, consecuentemente, resta

13. Ver García (2003), para un análisis más a fondo de este problema en la caficultura colombiana.

14. Guhl (2004).

15. Pizano, 2001, p. 58 y 76.

16. Federación Nacional de Cafeteros, el Centro Nacional de Investigación de Café (Cení café) y Universidad de los Andes, Leibovich y Barón (1996), Duque y Bustamante (2002), Zambrano (1991).

cualquier posibilidades de éxito a cualquier estrategia dirigida a ellos. Profundizar en estos asuntos permitirá el diseño de políticas y programas institucionales acertados y pertinentes».

Como consecuencia de lo anterior, los estudios futuros sobre el tema de producción, costos y productividad cafetera, requieren de un análisis muy técnico en la investigación del problema y de una buena calidad en la información. Lo anterior con el objetivo de desarrollar modelos de producción cafetera que logren especificar y describir de manera eficiente la aplicación de los insumos en la caficultura del país.

En la actualidad, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, apoya su acción en organismos que buscan mejorar su eficiencia administrativa y está dirigida a diseñar políticas cafeteras para enfrentar el problema estructural mencionado. Posiblemente, si se contara con un modelo cafetero enfocado más en solucionar problemas de índole microeconómico, se contribuiría más a las mejoras del reto macroeconómico. Sin duda, una mayor eficiencia en la producción de café, potencialmente repercute en una superior productividad y competitividad desde la perspectiva interna de la producción cafetera colombiana.

Por lo expuesto hasta aquí, el propósito principal de este estudio, es proveer alguna información sobre la eficiencia¹⁷ técnica¹⁸, ET, en la producción. Está claro que, si la caficultura no es eficiente técnicamente, no estaría produciendo a los costos mencionados y por extensión no se maximizan los beneficios de los productores de café. Sin embargo los resultados que se obtengan de la ET en la caficultura del país, no serán suficientes para que el sector alcance altos rendimientos en producción y sea muy competitivo.

Con los resultados que se consigan de la ET, para la caficultura de la zona cafetera central del país, se podrán obtener algunas sugerencias que mejoren la eficiencia técnica del cultivo de los

pequeños, medianos, y grandes productores cafeteros, así como para todo el sector cafetero en general de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda.

En el desarrollo del presente estudio, se encontraron investigaciones realizadas en el sector cafetero que aplicaban la misma metodología analítica en otros países, lo que permite comparar como se encuentra la ET de los caficultores colombianos, con respecto a los países estudiados. Al contrastar los estudios cafeteros en otros países con el de Colombia, el presente busca encontrar la ET y sus determinantes por estratificación del tamaño del área cultivada en café.

Para finalizar esta primera parte, el documento se divide de la siguiente manera: a continuación, en la segunda parte, se expone la metodología a emplear en la investigación, todo los aspectos teóricos de Análisis Envolvente de Datos, DEA (por sus siglas en inglés), utilizados en este estudio. La tercera parte, comprende un análisis del estado del arte en la economía de la producción cafetera aplicando DEA mediante una revisión de literatura en el tema a escala nacional e internacional. En la cuarta parte se detalla el proceso de recolección de los datos obtenidos para el estudio, además, este aparte contiene la descripción de la información a emplear y los determinantes de la eficiencia técnica. En la quinta se pueden encontrar resultados empíricos bajo la metodología DEA, análisis estadísticos y de correlación y la interpretación de los resultados. Por último se exponen las conclusiones y algunas de las sugerencias que resultan del trabajo realizado.

METODOLOGÍA ANALÍTICA

Gran parte de los estudios realizados sobre eficiencia técnica y asignativa a escala mundial en sectores de producción, salud, deporte, educación, ambiente, recursos naturales, transporte, energía eléctrica, público, turismo, financiero entre

17. La eficiencia es un concepto relativo, que se obtiene por comparación con otras alternativas disponibles, considerando los recursos empleados en la consecución de los resultados (The Welfare Economics of Public Policy, Just, Hueth, Schmitz. 2004, p. 10).

18. Se refiere al logro del máximo nivel de producción posible, dada unas cantidades de insumos.

otros¹⁹ han empleado técnicas de tipo paramétricas y no paramétricas. La primera hace referencia a desarrollos de tipo econométricos y la segunda a programación matemática; comúnmente conocidas como fronteras de producción estocásticas, FPE, y análisis envolvente de datos, DEA (sigla en inglés).

En el presente estudio se empleará la no paramétrica, DEA, para alcanzar el objetivo del estudio. El análisis de Eficiencia, se origina a partir de 1957 con Farrell y la técnica DEA para cuantificar la Eficiencia, mediante el manejo de programación matemática, fue inicialmente propuesta por Charnes, Cooper y Rhodes (1978).

Análisis Envolvente de Datos, DEA

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) fueron los pioneros del método de análisis envolvente de datos, DEA es un enfoque no paramétrico que no impone una estructura determinada para la frontera, por tanto suministra un método para comparar la Eficiencia Técnica sin el conocimiento previo de una función de producción. Es una metodología de optimización construida para medir la eficiencia relativa a partir de unidades organizacionales (DMU's-Decision Making Units, unidades de toma de decisión). Estas DMU's equivalen a las fincas cafeteras del sector general donde se encuentran los pequeños, medianos y grandes productores.

El objetivo principal de DEA, es optimizar la eficiencia relativa en cada finca productora de café, siguiendo el modelo básico de programación lineal propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978); el análisis requiere tantas optimizaciones como cantidad de fincas cafeteras se evalúen. La ecuación (1) representa el modelo para el caso cafetero colombiano, en donde q es el nivel óptimo de producción, q^k es

la producción de la finca (k), x_{nr}^k es la cantidad de insumo usado en la finca (k), x_n^0 es la cantidad de insumo usado de manera eficiente, v^k es el ponderador para la finca (k).

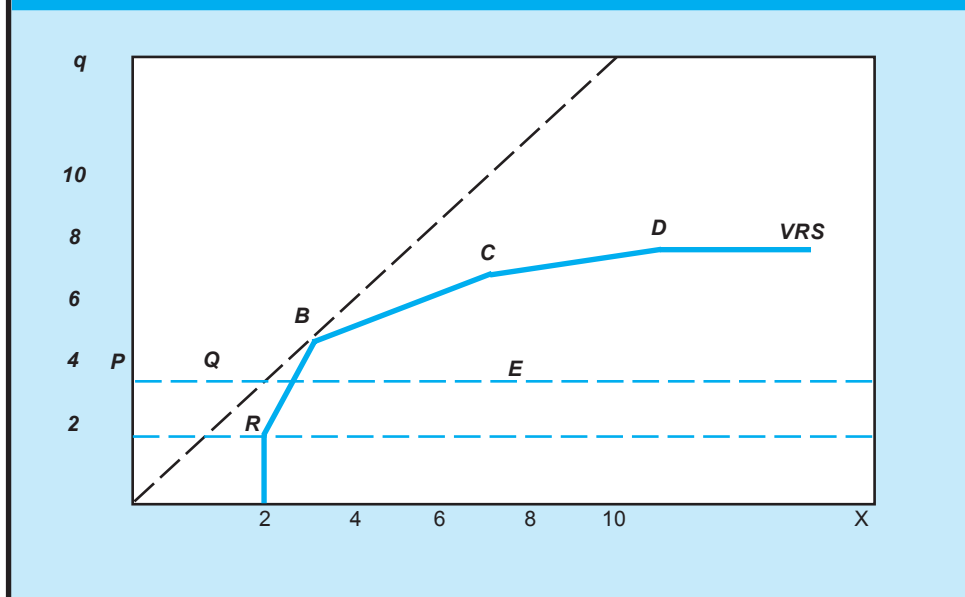
$$\begin{aligned} \text{MAX } q \\ q, v^1, \dots, v^k \end{aligned} \quad \text{S.A.} \quad \begin{aligned} \sum_{k=1}^k q^k v^k &\leq q \\ \sum_{k=1}^k x_n^k v^k + \phi &\leq x_n^0 \\ \sum_{k=1}^k v^k &= 1 \\ v^k &\geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Los ponderadores se hacen necesarios en DEA, para normalizar el numerador, denominador y solucionar las unidades de medidas heterogéneas en la que se encuentran los insumos y producción. La formulación lineal de la ecuación (1) permite obtener indicadores de Eficiencia Técnica, teniendo en cuenta la influencia de las *economías de escala* en la evaluación de eficiencia para las unidades de producción cafetera (Banker, Charnes y Cooper (1984)). En la ecuación (1) ϕ es libre y enseña los *rendimientos de escala*²⁰ en que se encuentra cada unidad de producción cafetera.

En la figura 1, se puede apreciar las soluciones para *rendimientos constantes* y *variables a escala*. Con un insumo²¹, x , y una producción²², q , la línea punteada representa los CRS y la sólida los VRS. Las unidades de producción cafetera representan la mejor relación entrada-salida en los puntos A, B, C y D donde son técnicamente eficientes, pero con *rendimientos a escala* diferentes. Entonces el segmento AB muestra *rendimientos crecientes a escala*²³, quiere decir que la unidad A es técnicamente eficiente e ineficiente a *escala*, mientras la unidad B que se encuentra sobre las dos fronteras presenta eficiencia técnica y a *escala*. Los tramos B, C y D reflejan *rendimientos decrecientes a escala*²⁴, pero C y D de igual manera son técnicamente eficientes e

19. Ver revisión de literatura capítulo III de este estudio, haciendo énfasis a los estudio en el sector de la producción agrícola a nivel nacional e internacional.
 20. $\phi \geq 0$ implica rendimientos decrecientes; $\phi = 0$ rendimientos constantes y $\phi \leq 0$ rendimientos crecientes.
 21. Un insumo empleado en la producción de café, como área cultivada del grano, maquinaria empleada o mano de obra utilizada.
 22. Cantidad de arrobas obtenidas de café.
 23. Un incremento en el insumo hace crecer más que proporcionalmente la producción.
 24. Un incremento en el insumo hace decrecer más que proporcionalmente la producción.

Figura 1. Frontera de Eficiencia con Rendimientos Constantes CRS y Rendimientos Variables, VRS



ineficientes a escala. De esta manera para la unidad ineficiente como la *E* que se encuentra retirada de ambas fronteras, su eficiencia con rendimientos a escala constantes se da por:

$$\theta_{CRS} = \frac{PQ}{PE}$$

y con rendimientos a escala variables

$$\theta_{VRS} = \frac{PR}{PE}$$

determinando que .

$$\theta_{CRS} \leq \theta_{VRS}$$

La programación lineal busca determinar cuáles son las fincas, que forman la superficie envolvente de la mejor práctica, para cada unidad de producción. En otras palabras las producciones eficientes pertenecerán a esta frontera y las ineficientes quedarán *envueltas* por ellas (ver

Figura 1). DEA, se basa en el método de benchmark²⁵, muy usado para medir la eficiencia de las empresas. El benchmark, permite establecer un ranking para observar cuáles son las empresas más eficientes e ineficientes y en qué deben mejorar estas últimas, que se encuentran *envueltas* bajo la frontera para alcanzar el límite y de esta manera mejorar su eficiencia. Finalizando el contexto metodológico DEA, se establecen algunas ventajas y desventajas (Cuadro 1) en el empleo del análisis para calcular la Eficiencia Técnica²⁶.

ESTUDIOS EN EFICIENCIA TÉCNICA Y ASIGNATIVA CON APLICACIONES DEA EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Actualmente existen estudios con aplicaciones de análisis para Eficiencia Técnica, ET Asignativa²⁷,

25. Es un tipo de esquema adoptado por las empresas, que usa el concepto de empresa eficiente, es decir, es una empresa que se adapta a las condiciones del mercado y opera bajo un plan óptimo. A partir de este esquema, la eficiencia técnica se mide vía comparaciones. Se toma la firma más eficiente como referencia y a partir de ésta se compara (Benchmark) el resto de las firmas del sector, para observar cómo se encuentran con respecto a la referente.

26. El problema de programación matemática para el análisis envolvente de datos de este trabajo, se realizó mediante el programa especializado Frontier Analyst Professional.

27. Se refiere a la habilidad de las firmas para utilizar los insumos en proporciones óptimas, de acuerdo a sus precios.

Cuadro 1. Bajo el enfoque no paramétrico, DEA, en los análisis de eficiencia

Ventajas	Desventajas
No es necesario especificar previamente una forma funcional de producción o costos.	Es sensible a datos atípicos en la muestra, outlier.
Flexibilidad en el uso de la información, se pueden utilizar variables de tipo continuas y discretas cualquiera que sea su unidad de medida.	Se requiere información completa.
Por ser un análisis no paramétrico es menos susceptible a los errores de especificación.	Se obtienen estimaciones puntuales de eficiencia, sin que se pueda analizar la precisión de la estimación.
Es de fácil comprensión.	En la comparación entre unidades no es posible saber si la diferencia se debe exclusivamente a errores en los datos, generando un problema de confiabilidad en la estimación.
Evalúa la presencia de economías de escala	
Fuente: Autores, a partir de artículos de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y Chavas, Petrie y Roth (2005).	

EA y de Escala²⁸, EE, en el sector agrícola²⁹ y otros sectores con la metodología DEA para varios países³⁰. A continuación se hace énfasis, en los trabajos realizados en el sector cafetero bajo DEA, en distintos países del mundo, con el Empleo del supuesto de Rendimientos Constantes a Escala, RCE y Variables a Escala, RVE para obtener la ET, EA y EE en la actividad agrícola del grano.

Roberto Mosheim (2002), determinó la ET, EA y EE para los procesadores del sector cafetero en Costa Rica. Se involucraron cooperativas cafeteras y firmas inversionistas en café entre 1988 y 1993, promediando las eficiencias obtenidas cada dos años (1988-1989 a 1992-1993). Para ET, se tomó la producción de café de exportación en función de la cantidad de insumos mano de obra, energía y capital. En EA, se empleó como variable dependiente los costos de producción de Café en Costa Rica en función del precio de los insumos mano de obra, energía y capital y la cantidad de café producido para consumo local en Klg por firma.

Con RVE en DEA, Mosheim calcula cada eficiencia y encuentra igualdad en ET, EA y EE para las cooperativas y los inversionistas. Para ellos mismos halló, eficiencia técnica y asignativa pero ineficiencia en rendimientos de escala. Adicionalmente, una vez obtenidas las eficiencias, realiza una comparación de medias por tipo de

eficiencia (ET, EA y EE) cada dos periodos; y determina que no existen diferencias en los promedios de eficiencia entre un periodo y otro, en pocas palabras, se ha mantenido a lo largo del tiempo.

A su vez Mosheim, relaciona las eficiencias obtenidas en DEA con variables como: tipo de organización, tamaño de la firma y finca, competencia, localización, cantidad de cosecha y el año. Mediante un modelo Seemingly Unrelated Regresión, SUR (siglas en inglés), encuentra que la competencia y localización afectan de manera significativa y negativa cada una de las eficiencias. Las eficiencias técnicas, asignativas y de escala encontradas son muy bajas y su diferencia de medias cada dos periodos no es significativa, quiere decir que el promedio de cada eficiencia no ha variado ampliamente entre 1988 y 1993 en Costa Rica.

Desafortunadamente, el trabajo de Mosheim sobre eficiencia en la caficultura de Costa Rica, no muestra cifras concretas de cada una de las eficiencias obtenidas en DEA. Solo se pueden observar los resultados estadísticos del promedio por tipo de eficiencia cada dos periodos y el porcentaje de firma o inversionistas cafeteros, que obtuvieron rendimientos variables a escala, ET y EA. En términos de resultados, es más valioso mostrar el benchmark y las posibles mejoras que se pueden derivar a partir de éste en cada efi-

28. Es la combinación de ET y EA, $EE = \frac{ET}{EA}$

29. Pero no en café a escala nacional.

30. Ver Garrett (2001) y Chavas, Petrie y Roth (2005).

ciencia, como lo muestra la presente investigación de economía cafetera en Colombia.

Joachim Binam, Kalilou Silla, Ibrahim Diarra y Gwedoline Nyambi (2003), obtuvieron evidencia de la ET en África con DEA (bajo el supuesto de RCE y RVE), en la región Costa de Marfil. Adicionalmente estiman un modelo tipo Tobit, para encontrar los determinantes que afectan el comportamiento de la ET, donde tienen en cuentas variables como: el tamaño de la finca, educación de la cabeza de hogar, años de propiedad de la tierra, acceso a crédito e infraestructura. Los niveles promedio de ET encontrados, son de 36 y 47 por ciento para RCE y RVE respectivamente; bajo RCE el puntaje de ET varió desde un dos por ciento hasta un 100 por ciento y en RVE entre cinco y 100 por ciento.

Los resultados de la ET obtenidos en la región Costa de Marfil, muestran un sector cafetero ineficiente técnicamente, con la indicación de que se puede mejorar la relación insumo-producto de café en la región estudiada. Por su parte en el modelo Tobit encontraron que el tamaño de la familia y el pertenecer a un grupo social por parte del caficultor afectan negativamente la ET y son significativas con la misma. Este trabajo, es de gran importancia y queremos resaltarlo en el presente estudio, debido a su semejanza en metodología y análisis de ET en el sector cafetero de Colombia. Sin embargo se destaca que a diferencia del estudio en África, en Colombia se realiza el análisis de ET por tipo de productor y sector general de cafeteros; además, se aprovechan las bondades en DEA, para sugerir las mejoras en el empleo de insumos que puedan repercutir en una mejora para la producción de café en Colombia, por tipo de productor.

Ríos y Shively³¹ (2005), en Vietnam estudian la ET y EA para 209 fincas, de acuerdo a su área cultivada en café con sus determinantes (los mismos de Joachim Binam, Kalilou Silla, Ibrahim Diarra y Gwedoline Nyambi) y los estiman con

un modelo tipo Tobit. Las fincas pequeñas (menores a 1,5 hts) son menos eficientes que las grandes (mayores a 1,5 hts), encuentran que una ET y EA promedio es de 82 y 42 por ciento en pequeños y de 89 por ciento y 58 por ciento en grandes, respectivamente.

El 50 por ciento de pequeñas fincas y el 65 por ciento de las grandes son eficientes técnicamente; mientras el 10 por ciento de pequeños caficultores y 19 por ciento de grandes presentaron eficiencia asignativa.

Este trabajo en particular, aunque guarda una relación con el presente estudio en Colombia, se diferencia en la estratificación de productores. En el país se tiene una estructura de grandes, medianos y pequeños, mientras en Vietnam cuentan con dos categorías (grandes y pequeños). Por otra parte, identifican las diferencias en eficiencia entre grandes y pequeños, pero no aprovechan las bondades de la metodología DEA, para sugerir cómo pueden los caficultores mejorar la combinación de insumos y producción.

PROCESO DE RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

En este aparte se detalla la recolección de la información, el tratamiento de la misma y la relación insumos-producción de café. También se establecen los principales determinantes de la eficiencia técnica, ET, obtenida con el método de programación matemática (DEA) y su relación con la misma, para cada unidad de producción cafetera.

Los datos para este estudio se obtuvieron a partir de información primaria de la encuesta cafetera aplicada en 999³² fincas de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda por la Facultad de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de Maryland y la Facultad Economía de la Universidad de los Andes³³ en 2004³⁴ (entre marzo y abril). En la encuesta se describen las

31. Su trabajo se basó en el estudio de Joachim Binam, Kalilou Silla, Ibrahim Diarra y Gwedoline Nyambi (2003).

32. Información de Corte Transversal. Finalmente solo se trabajaron 990 observaciones y se eliminaron nueve inconsistentes.

33. Financiado con Recursos de la Universidad de Maryland, bajo la dirección del profesor Darrell Hueth, Ph.D. en Economía Agrícola. Agradecemos el apoyo de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y la colaboración muy valiosa y especial dentro de la organización de Diego Pizano, Julián García, Alfonso Ángel Uribe, Oscar Jaramillo García y Omar Acevedo Chamorro.

34. La encuesta se aplicó en el año 2004 y se recolectó la información de los cafeteros para el año 2003.

principales características³⁵ de los diferentes tipos³⁶ de caficultores entrevistados entre las cuales pueden resaltarse las principales variables relacionadas con la producción de café, tomadas para este trabajo.

La función que describe la relación insumo-producción de café, para el eje cafetero colombiano por tipo de productor (k), a solucionar por DEA es la siguiente:

En la ecuación anterior se tiene:

$$P5_k = f(P1_k, L_k, CA_k, MA_k) \quad (2)$$

$P5_k$ = Producción total de café en arrobas para el año 2003. Incluye la cosecha traviesa ($p3_k$), la principal ($p4_k$) y el Re-Re ($p2_k$).

$P1_k$ = Área productiva de café para el año 2003 en hectáreas.

L_k = Mano de obra empleada, construida a partir de la variable $C5_k$ (número de empleados contratados en la finca para la producción cafetera, al año), $S25_k$ y $S26_k$ (Representan el números de personas que trabajan en la finca y pertenecen a la familia del caficultor).

CA_k = Es las agregación de la cantidad de fertilizantes³⁷ ($C10_k$, Kg), fungicidas ($C14_k$, Lts), herbicidas ($C18_k$, Lts), Insecticidas ($C22_k$, Lts) y pesticidas ($C26_k$, Lts) empleados en la producción; esta variable es la agregación de los químicos utilizados.

MA_k = Maquinaria utilizada en la caficultura, es la suma de todos los implementos que están en el beneficiadero, es la mejor proxy al componente tecnológico utilizado por los productores. $M4_k$ (número de

despulpadoras), $M10_k$ (número de desmucilagadoras), $M16_k$ (número de moto bombas), $M22_k$ (número de motores), $M28_k$ (número de silos), $M34_k$ (cantidad de fumigadoras), $M40_k$ (número de guadañas) y $M46_k$ (número de motosierras).

Los determinantes de la eficiencia técnica, ET_k , para cada productor (k) obtenidos en DEA para el eje cafetero por tipo de productor del país, se pueden expresar en la siguiente función:

$$ET_k = g(d1g3_k, d2g3_k, g10_k, g14_k, s1_k, s5_k, s18_k, s19_k, d1s7_k, d5s7_k, a1_k, le7_k, ln8_k, ml_k, m2_k) \quad (3)$$

Donde:

$d1g3_k$ = Variable dummy que toma valores de (1) si la finca se ubica en el departamento de Caldas y (0) en Quindío o Risaralda.

$d2g3_k$ = Variable dummy que toma valores de (1) si la finca se ubica en el departamento de Risaralda y (0) en Quindío o Caldas.

$g10_k$ = Variable continua que representa, la altura en metros sobre el nivel del mar a la que se encuentra ubicada la finca.

$g14_k$ = Variable dummy que representa si la finca cuenta con vía de acceso directa o no a la cabecera municipal: si tiene (1), si no tiene (0).

$s1_k$ = Variable dummy que representa si el dueño de la finca reside en la finca: si (1), no (0).

35. Socioeconómicas, producción del grano y otras actividades en la finca, financieras, relacionadas con la asistencia técnica, geográficas, ambientales, propias y entorno de la finca y vivienda.

36. Pequeños (entre 0 y 2.1 Hectáreas productivas en café, 662 observaciones en la encuesta que equivale a 66,87 por ciento de la muestra total), medianos (entre más de 2.1 y 6.9 Hectáreas productivas en café, 250 observaciones en la encuesta que equivale a 25,25 por ciento de la muestra total) y grandes (más de 6.9 Hectáreas productivas en café, 78 observaciones en la encuesta que equivale a 7,88 por ciento de la muestra total).

37. Factor de conversión de unidades: 1 libra equivale a 0,45359237 Kl., 1 galón equivale a 8,33 libras y a 3,785305 litros. Ver pagina WEB, <http://www.proteccioncivil.org/vademecum/vdm017.htm#1704d>

- $s5_k$ = Edad en años del dueño de la finca.
- $s18_k$ = Tiempo en años que lleva en esta labor el caficultor.
- $s19_k$ = Variable dummy que representa, si el caficultor tiene otras actividades diferentes al cultivo de café de donde deriva ingresos: si (1), no (0).
- $d1s7_k$ = Variable dummy que representa el grado de educación del dueño de la finca, si tiene postgrado (1) formación inferior a esta (0).
- $d5s7_k$ = Variable dummy que representa el grado de educación del dueño de la finca, si no tiene ninguno (1) formación superior a esta (0).
- $at1_k$ = Variable dummy que representa, si cuenta con asistencia técnica: si (1), no (0).
- $le7_k$ = Edad promedio en años del café cultivado en cada lote.
- $ln8_k$ = Densidad en plantas por hectárea del café cultivado en cada lote. Para dieciocho lotes.
- $m1_k$ = Variable dummy que representa si usa el beneficiadero de otras fincas gratis: si (1), no (0).
- $m2_k$ = Variable dummy que representa si usa el beneficiadero en otra finca de su propiedad o de su familia: si (1), no (0).

De acuerdo con las ecuaciones dos y tres establecidas anteriormente, en la siguiente sección se procesan los datos y realiza el ejercicio de programación matemática de la metodología DEA para obtener la evidencia empírica en el eje cafetero de Colombia.

RESULTADOS OBTENIDOS, ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, APLICACIÓN DEA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En esta unidad se presentan en primer lugar los resultados estadísticos, en segunda instancia los de programación matemática con su respectivo análisis de la relación insumos-producción y *ET*, obtenidos mediante DEA para los pequeños, medianos, grandes y sector general de caficultores y, por último, las estimaciones de los factores que posiblemente afectan la *ET*.

En el Cuadro 2 se aprecian las principales estadísticas descriptivas de las variables empleadas en el estudio para la muestra de pequeños, medianos, grandes y el sector general de caficultores de la zona cafetera de Colombia, donde cada caficultor de los pequeños obtuvo, en promedio, una producción de 122 arrobas, de los medianos 503 arrobas, de los grandes 3.098 arrobas y en el sector general, cada productor cafetero consiguió en promedio 453 arrobas por unidad productiva. Para el insumo tierra cada uno de los pequeños en promedio tiene una hectárea, en los medianos cuatro hectáreas, en los grandes 16 hectáreas y para el sector general cada uno en promedio posee tres hectáreas.

La mano de obra promedio empleada en cada finca de los pequeños fue de nueve trabajadores, de los medianos 23 trabajadores, de los grandes 112 trabajadores y el sector general empleó por finca un promedio de 21 trabajadores. En este mismo orden, la cantidad de litros promedio en insumos químicos se distribuyeron en 558, 2.089, 10.328 y 1.735 respectivamente por caficultor para cada unidad de producción cafetera. Finalmente, el promedio de maquinaria empleada en cada finca, medida en unidades para cada tipo de caficultor, fue la siguiente: dos, cuatro, nueve y tres respectivamente.

El Cuadro 3 contiene las correlaciones³⁸ parciales de cada uno de los insumos con la producción de café por tipo de cafetero, con esto se puede determinar la relación entre el empleo de estos y actividad agrícola del grano. Por lo que se observa todos los factores empleados con la

38. Qué tan fuerte y en qué dirección (directa o inversa) es la relación entre las variables. En qué porcentaje explica la una a la otra.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas por tipo de productor

Tipo de Productor	Variable	Observaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Pequeños	p5 (Producción)	662	122,14	118,97	0,240	1002,99
	p1 (Tierra)		1,00	0,58	0,040	2,10
	ca (Químicos)		588,24	740,26	0,001	5000,00
	l (Mano de Obra)		8,80	6,86	1,000	87,00
	ma (Maquinaria)		2,26	1,56	0,001	15,00
Medianos	p5 (Producción)	250	3,55	1,18	2,110	6,89
	p1 (Tierra)		502,92	399,24	73,000	3350,00
	ca (Químicos)		2.089,37	2.273,24	0,001	18108,00
	l (Mano de Obra)		23,38	17,78	1,000	177,00
	ma (Maquinaria)		3,85	2,46	0,001	16,00
Grandes	p5 (Producción)	78	16,15	14,46	7,000	77,29
	p1 (Tierra)		3.097,83	3.639,39	138,240	23471,00
	ca (Químicos)		10.328,20	12.415,94	0,001	60398,00
	l (Mano de Obra)		111,56	132,57	0,001	850,00
	ma (Maquinaria)		8,77	6,86	0,001	40,00
General	p5 (Producción)	990	2,84	5,76	0,040	77,29
	p1 (Tierra)		452,74	1.306,29	0,240	23471,00
	ca (Químicos)		1.734,70	4.517,20	0,001	60398,00
	l (Mano de Obra)		20,58	47,19	0,001	850,00
	ma (Maquinaria)		3,17	3,16	0,001	40,00

Fuente: Cálculos Autores.

caficultura tienen relación directa para los pequeños, medianos, grandes y sector general de caficultores. Es decir, a medida que aumenta el uso de los factores de producción descritos, crece la producción cafetera por tipo de caficultor. Por otra parte el insumo de mayor importancia entre los pequeños es la tierra, para medianos grandes y sector general, es la mano de obra. El de menor importancia en pequeños, grandes y sector general es la maquinaria empleada y en los medianos la cantidad de químicos utilizados.

Estimación de la ET por tipo de productor con DEA

En esta parte se presentan los resultados obtenidos mediante solución de programación matemática empleada en el Análisis Envolvente de Datos, DEA, suponiendo Rendimientos Variables a Escala, RVE para cada tipo de caficultor de la

zona central cafetera en Colombia. En la Figura 2 (A), se aprecia la ET obtenida mediante DEA para los pequeños productores, la mayor parte de ellos (22 por ciento) cuentan con una eficiencia técnica entre el 21 y 30 por ciento, mientras solo 26 son eficientes técnicamente con el 100 por ciento, 40 se encuentran con eficiencia técnica inferior al 11 por ciento y la media de rendimiento técnico se encuentra en 36,8 por ciento (ver Cuadro 4).

Mediante DEA, la finca 176 fue la más ineficiente técnicamente con 1,45 por ciento de rendimiento, mientras la 123 obtuvo el 100 por ciento de eficiencia y está entre las 28 más eficientes de los pequeños productores de café para la región cafetera colombiana. Este resultado indica que solo el cinco por ciento de los pequeños caficultores son eficientes técnicamente, con un puntaje de ET superior al 90 por ciento. Mientras el otro 95 por ciento de los productores pe-

Cuadro 3. Análisis de Correlación

Tipo de Productor	Variable	p5	p1	l	ca	ma
Pequeños	p5	1				
	p1	0.6632*	1			
	l	0.5533*	0.3950*	1		
	ca	0.4682*	0.3990*	0.3466*	1	
	ma	0.3475*	0.3104*	0.2938*	0.3767*	1
Medianos	p5	1				
	p1	0.5425*	1			
	l	0.5785*	0.3879*	1		
	ca	0.3974*	0.3711*	0.2898*	1	
	ma	0.4501*	0.3812*	0.4584*	0.3322*	1
Grandes	p5	1				
	p1	0.8602*	1			
	l	0.8903*	0.7772*	1		
	ca	0.6182*	0.6797*	0.5423*	1	
	ma	0.5875*	0.5300*	0.6607*	0.5687*	1
General	p5	1				
	p1	0.9048*	1			
	l	0.9149*	0.8442*	1		
	ca	0.7362*	0.7821*	0.6782*	1	
	ma	0.6485*	0.6419*	0.6830*	0.6370*	1

Fuente: Cálculos Autores. (* Significativos al cinco por ciento).

queños, tienen un puntaje de ET inferior al 90 por ciento. Esto refleja un grupo de pequeños caficultores con una ET baja y un potencial en mejoras, para obtener una mayor producción de café.

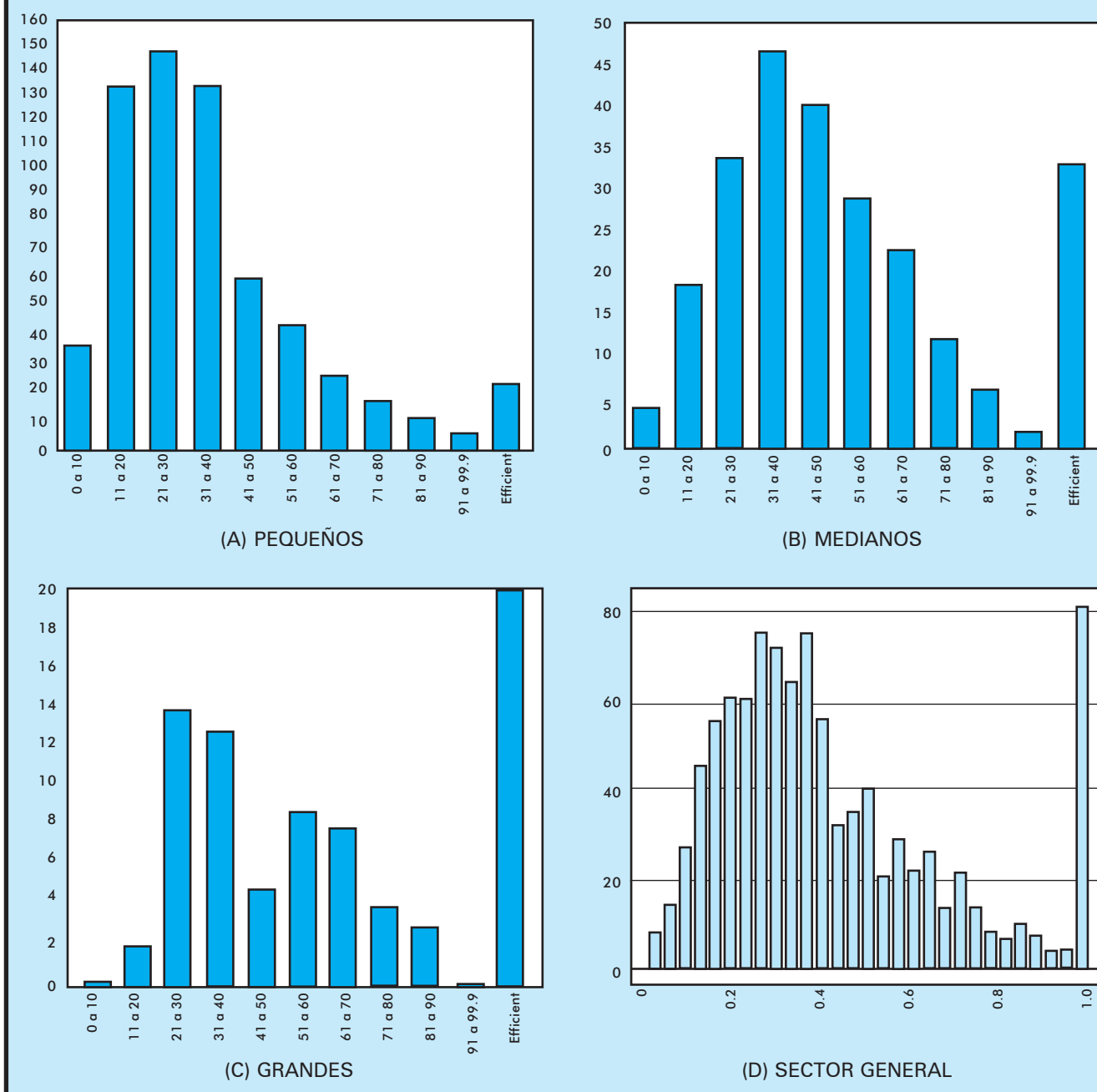
El resultado promedio de ET en Colombia es inferior comparado con el obtenido para las pequeñas fincas cafeteras en Vietnam. Mientras en el país la ET promedio en los pequeños logró un 37 por ciento, en Vietnam se ubicó en 82 por ciento. Esto muestra que los pequeños caficultores en Vietnam son más eficientes técnicamente que en Colombia, que con características y cantidad de insumos similares utilizados en el cultivo de café, en Vietnam este grupo obtiene un volumen de producción superior al de Colombia.

En la Figura 2 (B) se observa que la mayor parte (18 por ciento) de los caficultores media-

nos demuestran una eficiencia técnica entre el 31 y 40 por ciento, mientras 33 son eficientes técnicamente con el 100 por ciento y solo 4 presentan una eficiencia técnica inferior al 11 por ciento. La media de rendimiento técnico se encuentra en 51,7 por ciento (ver tabla 4); de igual forma la finca 49 también fue la más ineficiente técnicamente con 5,47 por ciento de rendimiento, mientras la 130 obtuvo el 100 por ciento de eficiencia lo que la sitúa entre las 33 más eficientes de los medianos productores de café en la zona productora colombiana.

Entre los medianos caficultores los resultados obtenidos en la ET, indican que solo un 14 por ciento tienen un puntaje de ET superior al 90 por ciento, mientras un 86 por ciento muestran una ET inferior a este valor. Al igual que en los pequeños, refleja un grupo con una ET baja y un

Figura 2.³⁹ Resumen de la ET por tipo de productor



potencial de mejoras, para obtener una mayor producción del grano en el eje cafetero del país.

En la Figura 2 (C), la mayor parte de los grandes (25 por ciento) son eficientes técnicamente y no se encuentra ninguno con eficiencia por debajo del 11 por ciento. Otra gran parte (18

por ciento) tienen rendimientos técnicos entre 21 y 30 por ciento. La media de rendimiento técnico se encuentra en 60 por ciento (ver tabla 4); mediante DEA, la finca 48 fue la más ineficiente técnicamente con 15.01 por ciento de rendimiento, mientras la 47 obtuvo el 100 por ciento de

³⁹ El eje X, representa el porcentaje de ET y el Y, representa la frecuencia (el número de caficultores) a que le corresponde el valor de ET en el eje X.

eficiencia y está entre las 20 más eficientes de los grandes productores de café en la zona de estudio.

El promedio de ET en los grandes caficultores en Colombia, comparado con el mismo grupo en Vietnam presenta una ET inferior. Para el país en este grupo se registró una ET promedio de 60 por ciento y en Vietnam de 89 por ciento. El mismo caso presentado en los pequeños se da en los grandes caficultores en Vietnam, estos son más eficientes técnicamente que en Colombia, que con características y cantidad de insumos utilizados similares en el cultivo de café, en Vietnam este grupo obtiene un nivel de producción superior al de Colombia.

La Figura 2 (D) muestra que la mayor parte de los productores presentan rendimientos de eficiencia inferiores al 40 por ciento. Esto indica en términos generales, un sector cafetero ineficiente técnicamente en la zona estudiada en Colombia pues tan solo 80 (ocho por ciento) del total de la muestra son eficientes en términos técnicos. Estos resultados promedio de la ET en el caficultores en general, en la zona de estudio en Colombia, comparados con los que se obtuvieron en África no divergen de manera significativa. Mientras en África el promedio de ET se ubicó en el 47 por ciento con RVE, en Colombia solo fue un poco inferior, lo que da un promedio de ET del 42 por ciento (ver Cuadro 4) con RVE.

Para el caficultores en general del país, los anteriores resultados revelan que con caracterís-

ticas y cantidad de insumos utilizados similares en el cultivo de café, en África se obtiene el mismo nivel de producción al de Colombia, pero con ET bajas. Quiere decir también que existe un potencial para mejorar en Colombia, que con la misma cantidad de insumos empleados en el cultivo de café se puede obtener una mayor producción.

5.2 Posibles Factores que Afectan la ET de los Pequeños, Medianos, Grandes y Caficultores en general del Eje Cafetero en Colombia

Continuando con el análisis de ET obtenida mediante la metodología DEA, sus principales determinantes e incidencia sobre este, se muestra en los resultados de la Tabla 5. En ella se observan las estimaciones ⁴⁰ para el modelo lineal por tipo de productor (pequeños, mediano, grandes y sector general de caficultores).

En los resultados del Cuadro 5, se puede apreciar que los determinantes de ET, departamento donde se encuentra la finca, altura sobre el nivel del mar, accesibilidad, residencia del dueño de la finca, edad del dueño de la finca, años de labor cafetera del finquero, el grado de educación del caficultor, densidad del cafetal, usos de beneficiadero y uso de beneficiadero en otra finca (*d1g3, g10, g14, s1, s5, s18, d1s7, ln8, m1* y *m2*) son los más relevantes a nivel parcial en

Cuadro 4. Estadísticas descriptivas de eficiencia técnica por tipo de productor bajo la metodología DEA

Tipo de Productor	Obsevaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Pequeños	662	0,3676	0,2278	0,0145	1
Medianos	250	0,5171	0,2601	0,0547	1
Grandes	78	0,6015	0,2862	0,1501	1
Sector General	990	0,4238	0,2548	0,0145	1

Fuente: Cálculos Autores

40. Las estimaciones de estos modelos se realizaron mediante Stata 8.2, con el empleo de estimaciones Robustas y por Mínimos Cuadrado Generalizados para remover el componente de Heteroscedasticidad y Autocorrelación residual.

los pequeños y sector general de cafeteros, que para medianos y grandes. De los factores más importantes en las unidades pequeñas de producción cafetera y sector general, los que tienen relación directa ⁴¹ con la ET son: accesibilidad (*g14*), experiencia (*s18*), grado de educación

(*d1s7*), densidad del cafetal (*ln8*), usos de beneficiadero (*m1*) y uso de beneficiadero en otra finca (*m2*). Y los factores que tienen relación inversa ⁴² con ET, de los mismos grupos de variables significativas son: departamento donde se encuentra la finca (*d1g3*), altura sobre el nivel

Cuadro 5. Determinantes de ET (Modelo Lineal) por tipo de Caficultor

Variables Explicativas	Pequeños	Medianos	Grandes	Sector General
Constante	0.4872831***	0.5467096***	0,5707932	0.6031217***
d1g3	(-0.0751679)**	(-0.0349332)	-0,088507	(-0.0969155)***
d2g3	(-0.0301839)	0,0195605	-0,115237	(-0.0406308)
g10	(-0.0000839)**	(-0.0001863)*	0,000244	(-0.0001341)***
g14	0.0396939***	(-0.0028569)	-0,2863235	0.0554098***
s1	(-0.0102958)	0,0008281	-0,0007636	(-0.0498061)***
s5	(-0.0022552)***	(-0.0013049)	(-0.0095067)**	(-0.0024426)***
s18	0.0010859*	0,0015563	0,0032346	0.0012275**
s19	(-0.0062463)	0,0156438	0,1676946	0,0007719
d1s7	0.6270665***	(-0.0129225)	0,3242283	0.2208495***
d5s7	(-0.0102025)	0,0548727	-0,1708061	(-0.0030748)
at1	0,0210571	0,0613287	0,0895716	0,0248048
le7	0,0003066	0,0006039	0,0160782	0,0009352
ln8	0.0000159***	0.0000368***	0,0000276	0.0000243***
m1	0.1969809***	0.330842*	-	0.2230665***
m2	0.293728*	-	-	0.3992191***
F-Estadístico	10.02***	2.99***	0,43	15.22**
Observaciones (T)	598	226	69	893

Variable significativa al (*) 10 por ciento, (**) 5 por ciento y (***) 1 por ciento

Fuente: Cálculos Autores

41. La relación se aprecia en el signo positivo del parámetro en el modelo asociado al factor. Esto indica que cuando se incrementa en una unidad el factor si aumenta la ET, esto si es una variable continua. En las discretas (dummy), marcan la diferencia de la cualidad con el nivel de ET, que está por encima de los individuos que no cuentan con la cualidad.

42. Se determina por el signo negativo del parámetro, es el caso contrario a la relación directa; entre más unidades del factor menos puntaje de ET.

del mar (*g10*), residencia del dueño de la finca (*s1*) y edad del dueño de la finca (*s5*).

Entre los medianos cafeteros, los factores más significativos tienen que ver con la altura sobre el nivel del mar (*g10*), relación inversa con ET; la densidad del cafetal (*ln8*) y uso de beneficiadero propio (*m1*), que presentan una relación directa con ET. En los grandes, el único factor importante y que además presenta una relación inversa a ET, es la edad del productor (*s5*).

En el Cuadro 5, se observa que las fincas ubicadas en los Departamentos de Caldas son menos eficientes técnicamente que las ubicadas en Quindío y Risaralda (*d1g3* y *d2g3*); a mayor altura sobre el nivel del mar disminuye el rendimiento (*g10*); si la finca cuenta con vía de acceso directo se tiene más eficiencia (*g14*); el coeficiente de asistencia técnica (*at1*) es nulo. Continuando con el análisis a mayor edad del productor menor eficiencia (*s5*), aunque la experiencia (*s18*) no es relevante el signo del parámetro que lo acompaña indica que a mayor experiencia en la actividad de la caficultura, mayor eficiencia. Por otra parte, el grado de educación superior del productor (*d1s7*) es relevante y obtiene mayores niveles de eficiencia que el inferior (*d5s7*) que no es significativo y el signo indica que logra rendimientos técnicos menores.

Continuando con el análisis del Cuadro 5, a mayor edad del cafetal (*le7*) aumenta la eficiencia técnica; esto mismo pasa con la densidad por hectárea (*ln8*); finalmente contar con beneficiadero (*m1* y *m2*) incrementa el rendimiento técnico de la producción, este último es el proxy del paquete tecnológico con que cuenta los productores de café en Colombia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el propósito principal del estudio, la revisión de la literatura y los resultados obtenidos en el capítulo cinco, en este capítulo se presentan las conclusiones más importantes y algunas sugerencias para pequeños, medianos y grandes productores de café que se ubican en la zona cafetera más grande de Colombia. Con la

técnica más utilizada para calcular ET, Análisis Envolvente de Datos, el presente estudio determinó la eficiencia técnica, ET y los factores que la pueden afectar, por tipo de productor en el eje cafetero colombiano.

Conclusiones

Según los resultados DEA con RVE, la mayor parte de los productores cafeteros presentan ineficiencia técnica. Lo que indica que no asignan ni emplean de manera adecuada los principales insumos para el área productiva en café: mano de obra, cantidad de químicos y maquinaria requerida en la producción y que fácilmente los caficultores pueden controlar. Esto señala que existe un potencial mejoramiento en el cultivo de café en la región estudiada, en otras palabras, con la misma cantidad de insumos que actualmente se utilizan, se puede lograr una producción superior de café a la obtenida actualmente por parte de los caficultores.

La medida de eficiencia técnica obtenida mediante DEA, indica que el promedio de rendimiento para el sector general es de 42 por ciento, de 36 por ciento en los pequeños, de 51 por ciento en los medianos y de 60 por ciento en los grandes. Estos promedios de ET, comparados con estudios similares en África y Vietnam, indican una inferior ET en los pequeños y grandes caficultores colombianos, confrontados con los mismos grupos en Vietnam. De los resultados en estos dos países, se puede deducir que Colombia con características similares en la cantidad de insumos empleados en los cultivos para pequeños y grandes caficultores, produce menos que Vietnam.

Caso contrario ocurre si se contrastan los resultados promedios de la ET en el sector de estudio en el país y la región cafetera de Costa de Marfil en África, donde las diferencias no fueron representativas. Ambas zonas presentan ET bajas, lo cual muestra que potencialmente pueden mejorar el nivel de producción, con la misma cantidad de factores empleados en el cultivo del grano.

Las comparaciones entre Colombia, África y Vietnam, pueden tomarse como reflejo de la baja productividad y competitividad de los pequeños, medianos, grandes y sector general de cafeteros en los mercados internacionales. Esto mismo induce a pensar que los caficultores en Colombia no están minimizando sus costos de producción y por ende tampoco maximizan las ganancias que deben obtener en la actividad cafetera, deducción que puede presentarse como consecuencia de la inferior productividad y competitividad que muestra el sector cafetero colombiano cuando se le compara con países productores de café como Vietnam ⁴³.

El análisis de eficiencia técnica, realizado en la producción cafetera de los Departamentos de Quindío, Risaralda y Caldas es una condición necesaria pero no suficiente para maximizar las ganancias de los caficultores. Para esto se requiere que simultáneamente se de eficiencia técnica, asignativa y minimización de costos en la caficultura del país. Un análisis de maximización de ganancias en este estudio ⁴⁴ es demasiado complejo, porque solo se cuenta con información de corte transversal que imposibilita entender, de manera detallada en el tiempo, el comportamiento de los precios del grano y los de los insumos. Adicionalmente, el precio del café presenta distorsiones ajenas al mercado, que imposibilitan realizar un análisis de maximización de ganancias de los productores de café en el país.

Por otra parte se encontró que los factores que afectan la eficiencia técnica en las fincas cafeteras colombianas, son más críticos en los pequeños y medianos productores que en los grandes. El único factor importante en la ET del grupo de los grandes tiene que ver con la edad del caficultor; en los medianos con la altura sobre el nivel de mar, la densidad del cafetal y el componente tecnológico (beneficiadero) y en los pequeños productores aspectos de ubicación y accesibilidad donde se siembra el grano, la edad

del productor, la educación, la densidad del cafetal y contar con un buen componente tecnológico (beneficiadero). En el sector general son importantes los aspectos de los pequeños, medianos y grandes; mientras que otras actividades diferentes al cultivo de café de donde deriva sus ingresos el caficultor, la edad del cafetal, la asistencia técnica y la ubicación de la finca en Risaralda o Quindío no son importantes para explicar el comportamiento de la eficiencia técnica del sector.

De acuerdo con los resultados de los determinantes más significativas del modelo que afecta la ET en los pequeños productores, de manera directa (ver Cuadro 5) y dejando constante el efecto de los demás factores, se puede señalar que: las fincas con acceso a la cabecera principal (**g14**) obtienen un puntaje superior de ET en 0,03 unidades sobre las parcelas que no tienen facilidad de acceso; con el incremento de un año de experiencia (**s18**) en la caficultura del finquero, la ET aumenta 0,001 unidades. Los caficultores con grados de educación superior (**d1s7**) pueden obtener niveles mayores de ET hasta de 0,62 unidades por encima de los que no lo tienen o están en un nivel de educación inferior; si se aumenta la densidad del cafetal (**ln8**) en una unidad la ET se beneficia en 0,00002 unidades y si se emplea el beneficiadero propio (**m1**) se consigue una ET de 0,19 unidades más, que los caficultores que no lo emplean.

El impacto de la relación inversa de los factores más importantes con ET, en los pequeños productores (ver Cuadro 5), con el mantenimiento constante de la influencia de los demás determinantes, fue el siguiente: Las fincas establecidas en Caldas (**d1g3**) obtienen 0,07 unidades de ET inferior al de las ubicadas en Quindío y Risaralda; este resultado puede implicar que la asistencia técnica a los pequeños cafeteros de Caldas, no se da de manera adecuada (esto también lo puede corroborar la insignificancia de la asistencia

43. Sin embargo hay que tener en cuenta que África y Vietnam son grandes productores de café tipo Robusta, mientras Colombia es el primer productor de café suave. Estas diferencias de la especialización en la producción por tipo de café, pueden conllevar a prácticas y manejos diferentes en los cultivos.

44. Y en otros de economía de la producción a escala nacional e internacional. Por eso la literatura provee muchos estudios de producción y costos, pero ninguno de funciones de ganancia.

técnica (**at1**) en el modelo para este grupo de cafeteros, o la cobertura de asesoramiento por finca es muy baja.

Continuamos con las conclusiones del anterior análisis, y constatamos que el aumento de un metro sobre el nivel del mar (**g10**), a partir de los 1.200 metros, la ET se disminuye en 0,00008 unidades; esto es lógico, por la misma naturaleza del cultivo del café, que se siembra en zonas donde la altura sobre el nivel del mar es de 1.200 metros. Por otra parte, un año adicional en la edad del caficultor (**s5**) muestra que la ET baja en 0,002 unidades; esto puede estar presentarse, porque la mayor parte de los caficultores se emplean como toderos (cultivan, recolectan, benefician y venden) en su finca. Entonces a mayor edad más ineficiencia en estas actividades de la finca lo que disminuye la productividad en el cultivo y por ende la ET.

En el sector general cafetero, con los mismos factores relevantes que presentaron los pequeños caficultores de la zona y que tienen una relación directa (**g14, s18, d1s7, ln8, m1 y m2**) los valores en unidades de ET, dado el aumento del factor en una unidad, corresponden a 0,05, 0,0012, 0,22, 0,00002, 0,22 y 0,39 respectivamente. Los resultados (**d1g3, g10, s1 y s5**) de la relación inversa en el sector general se ubicaron en 0,09, 0,000013, 0,049 y 0,002 respectivamente. El comportamiento representativo en los factores que influyen sobre ET, en los pequeños productores, los medianos y grandes explican los resultados más bajos en ET obtenidos en las fincas pequeñas. Esta razón, permite presumir que los grupos menos productivos y competitivos en la producción cafetera de Colombia son los pequeños y medianos cafeteros. Esto los convierte en los sectores más vulnerables a los cambios estructurales del mercado internacional del grano.

Con los resultados obtenidos en el presente estudio de eficiencia técnica y sus determinantes, pueden suscitar cuestionamientos y polémicas, con miras a recolectar nueva información al respecto y realizar más estudios del sector dirigi-

dos a la formulación de políticas que aumenten la productividad y la competitividad en la producción de café, en la región productora de Colombia. presentamos algunas sugerencias.

Recomendaciones

A la luz de las anteriores conclusiones y con base en los resultados obtenidos en el capítulo cinco, destacamos algunas indicaciones que valdría la pena tener en cuenta, si se quiere mejorar la competitividad y la productividad de los pequeños, medianos, grandes y sector general de cultivadores de café e implique la optimización de esa actividad en el eje cafetero y en el resto del país.

Las instituciones encargadas de prestar asesoría en eficiencia técnica a los productores de café en Colombia, podrían fortalecer y dirigir el apoyo principalmente a los pequeños y medianos productores ya que estos grupos constituyen la mayoría de los caficultores colombianos y son, también, los más vulnerables a los cambios estructurales del mercado internacional por su ineficiencia técnica, de acuerdo con los resultados expuestos en el Cuadro 5.

En la medida en que sea posible, se requiere que el gobierno facilite y mejore el acceso a las fincas marginales de los pequeños cafeteros de Caldas mediante una adecuada infraestructura y que, además, facilite la adquisición de maquinaria. Estimular la caficultura en los departamentos de Quindío y Risaralda, que son las regiones en las que los caficultores pequeños y medianos pueden lograr mayor eficiencia según los resultados obtenidos en el modelo, donde se relaciona la ET con los factores que la afectan. Estos resultados se deben principalmente a las dificultades de asesoría técnica, porque Caldas no facilita el acceso a las fincas de las pequeñas unidades de producción en la periferia del departamento.

Buscar una manera⁴⁵ de generación de mayores oportunidades y facilidades de capacita-

45. Incentivos como: subsidio, financiación, seminarios o descuentos en capacitación.

ción a los pequeños productores para que aumenten su grado de escolaridad. En estas mismas campañas de aprendizaje, se podría orientar un poco mejor a los productores pequeños inexpertos en el cultivo puesto que con mayor experiencia en el manejo del cultivo se logra una eficiencia técnica superior. Con esto, los finqueros pequeños pueden incrementar de manera significativa y coherente la densidad del cafetal e incrementar su puntaje de ET.

Con un mejor aprovechamiento de las bondades de la metodología DEA, las instituciones que proporcionan asesoría técnica se podría buscar mecanismos⁴⁶ que mejoren dicha asesoría a los productores de café que requieren asistencia. Este ejercicio, puede realizarse hipotéticamente de la siguiente manera: por ejemplo la finca menos productiva de la encuesta es la número 176, que actualmente logra una producción de café de 1.5 arrobas al año con 0.3 hectáreas productivas en café, dos empleados, 301 litros de insumos químicos y dos unidades de maquinaria. Con esta misma cantidad de insumos hubiese logrado 103.56 arrobas de café en el año (un 6803 por ciento más de producción)

La asistencia técnica a esta finca, puede sugerir que disminuya a 120,56 litros la cantidad

de insumos químicos empleados (una mejor eficiencia asignativa de los factores de producción) y con esto puede ubicarse en la producción promedio de los pequeños productores (ver Cuadro 6). El anterior análisis, es posible aplicarlo a cada productor ineficiente técnicamente por unidad de producción y con esto mejorar la eficiencia técnica y consecuentemente lograr una mayor productividad y competitividad del sector cafetero colombiano.

Así se aumentaría el puntaje de ET, se acortaría la ventaja de Vietnam y se superar la de África.

Buscar la forma⁴⁷ de continuar en la recolección de información en el tiempo a nivel microeconómico, a fin de obtener una muestra homogénea o similar a la del presente estudio, que permita un mejor conocimiento de los aspectos de producción y calidad de vida de los caficultores colombianos.

Con fundamento en el debate y las preguntas que genere el presente estudio, la información que se pueda seguir acumulando, se pueden realizar análisis técnicos, que sirvan de base a la formulación de políticas para el logro de una mejor competitividad y mayor productividad de los caficultores del país.

Cuadro 6. Análisis de mejora técnica en el cafetero más ineficiente

Fuente	Insumo	Actual	Objetivo	Potencial a mejorar %
Input	ma	2,00	1,15	-42,46
Input	l	2,00	2,00	0,00
Input	ca	301,00	120,56	-59,95
Input	p1	0,30	0,30	0,00
Output	p5	1,50	103,56	6803,69

Fuente: Cálculos Autores

46. Publicación en Páginas WEB, orientación a los asistentes técnicos para entender las mejoras potenciales calculadas en DEA para lograr un mayor puntaje en ET, con el aumento o disminución de un insumo determinado en la producción de café. Esto mismo se puede realizar divulgaciones en distintos medios de comunicación periódicamente.

47. Obtener recursos de organizaciones internacionales o nacionales interesadas en el tema cafetero y mantener constancia en la recolección de la información a las fincas encuestadas o aumentar la muestra.

Debido a que la información estadística se obtuvo de fuentes primarias, los resultados en este estudio pueden no ser correctos. Hasta el momento esta es la primera aproximación que se hace en Colombia con información de primera mano. Otros estudios sobre eficiencia en las

fincas cafeteras, han empleado información secundaria. Por esto, con una base de datos a lo largo del tiempo para la misma muestra de estudio, permitiría tener más investigaciones técnicas en el tema y establecer que tan confiables son los resultados en esta investigación.

Referencias

- Arteta, Luis. (1985), *El Café en la Sociedad Colombiana*, 7ª edición, Colombia: Áncora Editores.
- Banco Mundial (2002), «Estudio del Sector Cafetero en Colombia (Resumen Ejecutivo)». *Ensayos sobre Economía Cafetera, Federación Nacional de Cafeteros* **18**, 27-32.
- Banker R.D., Charnes A. and Cooper W.W. (1984), «Some Models for Stimating technical and scale efficiencies in Data Envelopment Analysis». *Management Science*, **30**, 1078-1092.
- 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 Management*, **15** (1), 66-75.
- Charnes A., Cooper W., y Rhodes E. (1978): «Measuring the Efficiency of Decision Making Units». *European Journal of Operational Research*, **2**(6), 429-444.
- Chavas, J. Petrie, R. and Roht M. (2005), «Farm Household Production Efficiency: Evidence Gambia», *American Journal Agriculture Economic*, **87** (1), 160-179.
- Chiang, Alpha. (1988), *Metodos Fundamentales de Economía Matemática*, Tercera edición, USA: McGRAW-HILL.
- Edición número 18, *Ensayos sobre Economía Cafetera*, Federación Nacional de Cafeteros, Enero-Diciembre de 2002.
- Farrell, M. J., (1957). «The measurement of productive efficiency». *Journal of Royal Statistical Society Series*, **120**, 253-81.
- García, Julián. Ramírez, Jorge (2002), «Sostenibilidad Económica de las Pequeñas Explotaciones Cafeteras Colombianas». *Ensayos sobre Economía Cafetera, Federación Nacional de Cafeteros*, **18**, 73-90.
- García, Julián (2003), «Evolución de la Distribución de las Fincas Cafeteras (Hacia una Regionalización de la Caficultura Colombiana)». *Ensayos sobre Economía Cafetera, Federación Nacional de Cafeteros*, **19**, 193-213.
- Garrett, Thomas. (2001) «Economies of Scale And Inefficiency In County Extension Councils: A Case For Consolidation?» *American Journal of Agricultural Economics*, **83**, 811-825.
- Guhl, Andrés (2004), «Café y Cambio de Paisaje en la Zona Cafetera Colombiana, 1970-1997». *Ensayos sobre Economía Cafetera, Federación Nacional de Cafeteros, Organización Internacional del Café*, **20**, 137-154.
- Just, R. and Pope, R. (2000), «The Agricultural Producer: Theory and Stastiscal Measurement», *Handbook of Agricultural Economics*, Bruce Gardner and Gordon C. Rausser, editors.
- Just, Richard E. Darrell, Hueth L. and Andrew Schmitz. (2004), *The welfare economics of public policy: a practical approach to project and policy evaluation*, Cheltenham, UK, Northampton, MA: Edward Elgar.
- Mosheim, R. (2002), «Organizational Type and Efficiency in the Costa Rican Coffee Processing Sector». *Journal of Comparative Economics*, **30**, 296-316.
- Pizano, Diego. (2001), *El Café en la Encrucijada Evolución y Perspectivas*, Primera Edición, Bogotá D.C.- Colombia: Alfaomega.
- Ramírez Luis, Silva Gabriel, Valenzuela Luis, Villegas Álvaro y Villegas Luis. (2002), «Comisión de Ajuste de la Institucionalidad Cafetera (Resumen Ejecutivo)» *Ensayos sobre Economía Cafetera, Federación Nacional de Cafeteros*, **18**, 15-25.
- Ramírez Luis, Silva Gabriel, Valenzuela Luis, Villegas Álvaro y Villegas Luis. (2002), *El Café, Capital Social Estratégico*, Informe final Comisión de Ajuste de la Institucionalidad Cafetera, Bogotá D.C.- Colombia.
- Revista de la Contraloría General de la República*, Economía Colombiana, Noviembre-Diciembre de 1986.
- Rhodes, E. (1978), «Data envelopment analysis and related approaches for measuring the efficiency of decision-making unit with application to program follow through U.S. education». *Carnegie-Mellon University School of Urban and Public Affair*, Pittsburgh, Ph. D. Thesis.
- Rios, A. and Shively, G. (2005), «Farm size and nonparametric efficiency measurements for coffee farms in Vietnam». *American Agricultural Economics Association*.
- Silva, Gabriel. (2002), «Editorial» *Ensayos sobre Economía Cafetera, Federación Nacional de Cafeteros*, **18**, 5-7.