

DETERMINANTES DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN LA AGROINDUSTRIA DE ACEITE DE PALMA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA¹

FACTORS OF TECHNICAL EFFICIENCY OF THE PALM OIL AGRO-INDUSTRY IN THE MAGDALENA DEPARTMENT

Recibido: 20 de febrero del 2012

Aprobado: 10 de abril del 2012

RAÚL RODRÍGUEZ LUNA *

Resumen

El autor realiza un análisis de las fronteras de producción de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena con el objetivo de explicar algunos determinantes de la eficiencia técnica de esta agroindustria importante para la región. La metodología aplicada fue la de los mínimos cuadrados ordinarios para una serie de tiempos entre 1995 y 2010, utilizando los datos de la encuesta anual manufacturera del Dane. Los resultados obtenidos por el autor sustentan cómo a mayores niveles de capital hay mayores niveles de producción. Este artículo de investigación es producto del proyecto de investigación “Caracterización socioeconómica de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena”, 2010, de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Santa Marta; también es parte de la labor del grupo de investigación “Umbrales”, reconocido por Colciencias.

Palabras clave: aceite de palma, agroindustria, eficiencia, modelo econométrico, producción.

Abstract

The author studies the production limits of palm oil industry in the Magdalena department, aiming to expose some of the important factors for the technical efficiency of this industry that is fundamental for the region. We applied the methodology of the least squares method on a time series from 1995 to 2010, based on the data of the annual manufacturers survey of the Dane (National Administrative Department for Statistics). The results obtained by the authors show that higher levels of capital entail higher levels of production. This paper is the product of the research project “Socio-economic characterization of the palm oil agro-industry in the Magdalena department”, 2010, of the Universidad Cooperativa de Colombia, Santa Marta branch, it is also under the responsibility of the “Umbrales” research group, that has been certified by Colciencias.

Keywords: palm oil, agro-industry, efficiency, econometric model, production.

• Cómo citar este artículo: R. Rodríguez. “Determinantes de la eficiencia técnica en la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena”. *Revista Ingeniería Solidaria*, Vol. 8, No. 14, 2012, pp 8-18.

¹ Artículo de investigación producto del proyecto de investigación “Caracterización socioeconómica de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena”, del 2010 de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Santa Marta, y parte de la labor del grupo de investigación “Umbrales”, reconocido por Colciencias.

* Ingeniero Industrial de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Maestría en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Director del grupo de investigación “Umbrales”. Docente de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Santa Marta. Correos electrónicos:

raulrodriguezluna1969@gmail.com, raulrodriguez@campusucc.edu.co

Introducción

Este trabajo constituye un primer intento de identificar los factores que podrían explicar la eficiencia técnica de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena. La tesis a sustentar es que la eficiencia técnica, el *stock* de capital, el trabajo, el consumo y la energía eléctrica son estadísticamente significativos; además, la producción se mantendrá con una tendencia positiva en el corto y mediano plazo, para finalmente proceder a identificar algunos determinantes de la eficiencia técnica de esta agroindustria, dada la importancia de esta actividad económica para la región.

De acuerdo con Ocampo [1], la producción de aceite de palma en Colombia establece una correlación entre recursos y conflicto armado. Esto indica que la palma no genera desplazamiento de por sí, pero la dimensión económica del proceso de producción puede generar incentivos para hacerlo. El autor, además, encuentra la existencia de altos costos en el proceso de producción de esta, lo cual hace de los palmeros un objeto fácil de las extorsiones de los grupos armados.

Desde el punto de vista disciplinar, la investigación contribuye con la teoría de la eficiencia técnica y la productividad del sector agrícola en Colombia. Adicionalmente, este artículo permite contrastar los resultados obtenidos por Álvarez, Belknap y Saupe [2], y Acevedo y Ramírez [3], quienes trabajan las fronteras de producción para evaluar la eficiencia técnica del sector lechero y de confecciones, encontrando ineficiencia técnica en dichos sectores.

En esta misma dirección, Quintero Otero, Prieto Bustos, Barrios Aguirre y Leviller Guardo [4] analizan los determinantes de la eficiencia técnica en las empresas colombianas, encontrando que la variable gastos tanto en investigación y desarrollo, como en tamaño de los activos y rentabilidad es la principal determinante de la variación del índice de eficiencia técnica.

El presente artículo utiliza el método paramétrico para explicar con mayor veracidad la producción bruta de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena. Al igual que todos los métodos paramétricos, requiere de la imposición de una función de producción, siendo este trabajo una primera aproximación hacia el estudio de la eficiencia en este sector.

Estas limitaciones podrían presentar sesgo a la hora de tomar decisiones, sin embargo, Rodríguez [5], en un estudio sobre medición de la eficiencia relativa en tres sectores de la economía colombiana desde 1993 a 1999,

utiliza otra metodología para medir eficiencia técnica, denominada *Data Envelopment Analysis* (DEA). Esta permite determinar el desempeño relativo de distintas unidades organizacionales ante la presencia de múltiples entradas y salidas; este trabajo demuestra que las empresas con mejores márgenes operacionales o netos no son necesariamente las más eficientes.

Quintero, Prieto, Barrios y Leviller [4] utilizan un modelo de frontera estocástica para estimar los determinantes de la eficiencia técnica en las empresas colombianas 2001-2004. Para una muestra de 1.971 empresas en Colombia, utilizan cinco diferentes especificaciones econométricas: Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), Modelo Tobit (MT), Regresión Robusta (RR), Regresión Cuartilica (RC) y un Estimador de las Desviaciones Absolutas Censuradas (EDAC). El principal resultado de la investigación establece que las variables gasto en investigación y desarrollo, tamaño de activos y rentabilidad son las principales determinantes de la variación del índice de eficiencia técnica.

Pena, Basch y Vergara [6] analizan la eficiencia técnica y las escalas de operación en pesca pelágica; utilizan las fronteras estocásticas para el cálculo de la eficiencia técnica en labores de pesca de la flota industrial al Centro de Chile, con datos de 204 barcos a lo largo de 11 años (1985-95), encontrando evidencia estadística para rechazar la validez de la función Cobb-Douglas, a favor de una tipo Translog. Concluyen, además, que la antigüedad y la escala de operación de cada barco son factores significativos de eficiencia técnica, es decir, los barcos grandes obtienen en promedio mayores niveles de eficiencia.

Metodología

El procedimiento utilizado para llegar a los resultados inicia con la realización del análisis de la frontera de producción de la agroindustria de palma de aceite. Se definieron algunas de las variables que podrían explicar con mayor veracidad la producción bruta de la industria, teniendo en cuenta que estas tienen participación activa dentro de los procesos productivos. Las variables consideradas son las siguientes:

El stock de capital: se espera que el estado financiero de las firmas que comprenden la agroindustria de aceite de palma, su capacidad instalada y, por tanto, la escala de producción generen una mayor productividad y una elevada producción. Como variable *Proxy* se utilizó el valor de los activos en miles de pesos, tomado de la Encuesta Anual Manufacturera del Dane 1992-2003, utilizando

como procedimiento de deflatación el Producto Interno Bruto nacional para el mismo periodo.

El número de trabajadores: esta variable permite determinar el grado de dependencia de la industria del factor trabajo, así como su contribución real a la producción. Haciendo uso de estas variables explicativas, se estimó un modelo de serie de tiempo tomando los valores en pesos de las variables (producto) producción, (insumos) capital y número de empleados de la agroindustria de palma de aceite arrojados por la Encuesta Anual Manufacturera para el periodo 1992-2003 (CIU 311 Rev. 2 Fabricación de productos alimenticios excepto bebidas y CIU 15 Rev. 3 Elaboración de productos alimenticios y de bebidas). Los resultados arrojados por las regresiones se admiten como válidos para la agroindustria de palma de aceite del departamento del Magdalena, en cuanto este representa más del 70% de la producción de la industria de alimentos, según estimaciones realizadas por el Dane en el 2000.

El siguiente paso en el estudio consistió en la estimación de una función de producción de tipo Cobb-Douglas,² la cual permite obtener las elasticidades correspondientes de los insumos respecto al producto y, en consecuencia, respecto a la frontera de producción. Además, ha sido la forma funcional empleada por Álvarez, Belknap y Saupe [2], y Acevedo y Ramírez [3].

Seguidamente, se procede a calcular la eficiencia técnica, pero antes es necesario considerar algunas apreciaciones teóricas. Koopmans [7] explica que: “La eficiencia técnica se resume, en que un productor es técnicamente eficiente si un incremento de cualquier output requiere una reducción en al menos otro output”. Según Farell [8], la eficiencia de una firma puede clasificarse de dos formas: eficiencia técnica y eficiencia asignativa. La primera permite observar cuál es el grado de habilidad de una empresa para obtener el máximo nivel de producto dado un nivel de insumos. Por su parte, la segunda (eficiencia asignativa) refleja la habilidad que tiene una firma para usar sus insumos en una proporción óptima dado el nivel de precios y el nivel de tecnologías empleadas dentro del proceso productivo. En este sentido, una firma

es técnica y asignativamente eficiente si consigue obtener una determinada producción minimizando las cantidades de los factores empleados en las actividades productivas y reduciendo sus costos.

Las fronteras de producción reflejan la máxima producción alcanzada dado un conjunto de combinaciones de factores productivos y tecnología (insumos) utilizados en un determinado periodo, que puede ser construida a través de dos diferentes técnicas de estimación conocidas en la literatura económica como aproximaciones paramétricas y no paramétricas. En la primera, se debe imponer la forma funcional de la frontera de producción; para realizar este proceso se recurrió a los modelos econométricos así:

$$Y = \beta * x + \varepsilon$$

Función de producción 1

La forma funcional (función de producción) representa la tecnología, en la que la variable ε recoge las diferencias presentadas entre los valores esperados y los valores observados, es decir, las perturbaciones estocásticas. La segunda técnica, las aproximaciones no paramétricas o de programación lineal que aplican la técnica de Análisis Envolvente de Datos (DEA), que no suponen ninguna especificación funcional de relación entre los *inputs* y los *outputs*, y tampoco incorporan la presencia de ruido blanco dentro del modelo, facilita la construcción de una función de producción empírica a partir de los datos disponibles de una entidad objeto de estudio.

Para desarrollar el análisis de la frontera de posibilidades de producción de una empresa o industria, existen diversas metodologías o aproximaciones generales, las cuales se clasifican en tres categorías: técnicas de estimación estocástica, determinísticas y probabilísticas. Las aproximaciones estocásticas y probabilísticas permiten que la variable error ε recoja las ineficiencias del sector, pero además suponen la existencia de otra fuente de error incluida dentro de la variable ε , que no puede ser controlada por los agentes que integran el sector. Por lo tanto, se asume que la variable ε se genera como la diferencia entre el término estocástico v y el término de ineficiencia μ .

Para la realización de este artículo, se optó por la primera técnica. Siguiendo a Seiford y Thrall [9], las fronteras estocásticas permiten la incorporación de una variable ruido blanco que impregna todo dato económico y permite, además, la realización a través de deducciones estadísticas, el contraste de hipótesis relacionadas con la

² La forma de la función de producción Cobb-Douglas representa las combinaciones de los factores capital y trabajo, y satisface las propiedades de:

- Rendimientos constantes a escala (homogeneidad de grado 1): aumento del producto cuando todos los factores aumentan en la misma proporción.
- Productividad marginal positiva y decreciente, postulado básico de la economía clásica.

Una revisión precisa de este tema se encuentra en Padilla y García, 2005.

tecnología y significancia estadística de los índices de eficiencia. La aproximación determinística destaca que las diferencias entre la Y observada y la correspondiente se deben únicamente a ineficiencias; plantea además que la variable error solo debe tomar valores negativos y, en consecuencia, la frontera siempre estará por encima de los valores observados, exceptuando a la firma eficiente que en todo momento su producción se encontrará sobre la producción.

Si una firma no alcanza el límite de su frontera, es decir, si está por debajo de su frontera de posibilidades de producción, entonces la teoría económica define tal circunstancia como ineficiencia técnica, descrita como las diferencias que surgen entre lo que debería producir una firma y lo que realmente produce. Estas diferencias son el resultado de la incapacidad de las empresas para reducir sus costos al no elegir de manera adecuada las proporciones de los distintos insumos utilizados en los procesos productivos.

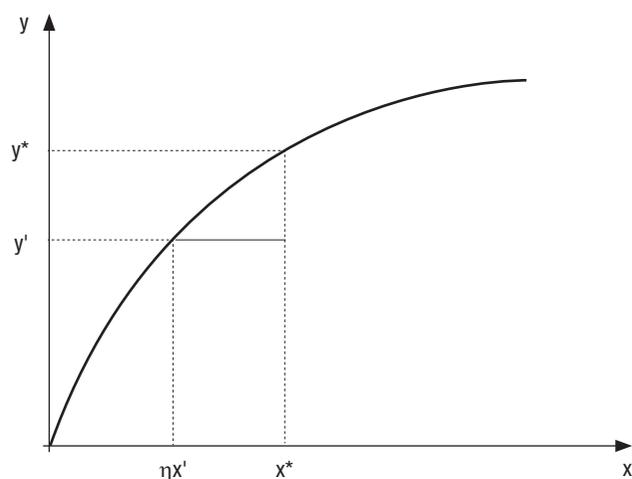


Figura 1. Frontera de producción

Fuente: Koopmans [7]

La figura 1 muestra el comportamiento de una firma que utiliza x (insumos) para producir y' (producto), lo que la convierte en una firma técnicamente ineficiente, dado que opera muy por debajo de su frontera de producción ($x^* - y^*$). Entonces, el término definido como η representa el nivel de ineficiencia técnica en que incurre la empresa en la contratación de x' , que le permite conseguir una producción de y' .

Otros aportes que van en la misma dirección los encontramos en Alemán [10] y Álvarez [11], quienes plantean que la eficiencia técnica puede ser definida como la maximización de la producción con una disponibilidad de recursos o minimizar los recursos dado un nivel de

producción a alcanzar. Sin embargo, Pascual [12], Bouza [13] y Alemán [10] plantean que la eficiencia técnica es solo una dimensión de la eficiencia productiva. Los autores consultados concuerdan con el concepto antes mencionado de eficiencia productiva, entre los que se incluyen además Stoner [14], García y Coll [15].

Sin embargo, los trabajos de Casas [16] y Hernández [17] utilizan indistintamente el término de eficiencia económica cuando se refieren a la eficiencia productiva, pero al menos coinciden en que la eficiencia técnica es una dimensión básica de la eficiencia productiva. Barrios [18] establece que la eficacia no implica, necesariamente, eficiencia, pero la eficiencia sí implica, como condición necesaria, pero no suficiente, eficacia; es decir, la eficiencia requiere de la obtención de resultados. A nuestro juicio, se puede ser eficaz sin ser eficiente y ser eficiente sin ser eficaz. No obstante, Figueroa, Averhoff y Castellón [19], y Colas y Mc-Pherson [20] consideran la efectividad económica como concepto sintético capaz de reflejar el crecimiento económico.

De lo anterior, se puede inferir la existencia de un debate teórico cuando se involucran en estudios económicos categorías como eficiencia, eficacia, efectividad, productividad y competitividad. Evidencia de esta tesis se puede confirmar con los trabajos de García [21], Aigner y Chu [22], Aigner, Lovell y Schmidt [23], Casas [16], Hernández [17], Varian [24], Stoner [14], Pascual [12], Bouza [13], Arias [25], Orea [26], Lovell [27], García y Aguilar [28], García y Coll [15], Alemán y Figueroa [29], Barrios, Ibarra y Pérez [30], Barrios [18], Guzmán, Arcas y García [31].

Como sustento de lo planteado, Gamarra [32], y Celso y Cortés [33] continúan en la misma línea. El primero analiza la eficiencia técnica relativa de la ganadería en la costa Caribe colombiana; utilizando el análisis de la envolvente de datos (DEA), realizó una medición de la eficiencia técnica relativa para una muestra de 71 fincas de doble propósito y encontró un promedio de puntajes de eficiencia de 59,7% para el modelo orientado a los insumos y 60,03% para el modelo orientado a los productos. Además, halló que solo el 8% de las fincas opera en una escala eficiente. El estudio también concluye que, para lograr una mayor eficiencia en las fincas doble propósito de la Costa Caribe, se debe hacer especial énfasis en la calidad del pie de cría del hato, así como también en los criterios para su selección y continuo mejoramiento.

El segundo analiza las características de la eficiencia técnica relativa (ETR) de la agroindustria azucarera en

México con el apoyo de una función de producción empírica y el análisis de datos envolvente (ADE). Una técnica de programación matemática no paramétrica, con una tecnología de rendimientos variables a escala, establece que la política económica incide directamente sobre un mayor nivel de ETR si esta se hace con base en una asignación óptima de los insumos disponibles.

Una vez terminada la revisión de literatura se planteó la función para iniciar el proceso de medición:

$$L_n(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(K_t) + \beta_2 \ln(L_t) + \beta_3 \ln(C_t) + \beta_4 \ln(E_t) + v_t - u_t$$

Función de producción Cobb-Douglas 2

Donde v_t representa los errores aleatorios independientes e idénticamente distribuidos, de la forma $N(0, \sigma^2)$ a lo largo de todo el periodo de estudio; es decir, los v_t son completamente independiente de los errores u_t y de cada

variable explicativa del modelo. Por otra parte, los errores u_t son los parámetros que explican la ineficiencia técnica con distribución normal.³

La variable dependiente (Q_t) representa la producción anual de aceite crudo de palma del periodo 1992-2003, donde t representa el año. (K_t), (L_t), (C_t), (E_t) representan en su orden el capital medido en miles de pesos de 1994, el número de empleados, el consumo intermedio y el consumo de energía eléctrica medidos también en pesos de 1994. Respecto a los β , son los parámetros a ser estimados en el modelo y corresponden a las elasticidades del producto-frontera con respecto a los insumos usados en el proceso productivo de extracción de aceite crudo de palma. Los resultados arrojados por las dos regresiones realizadas se admiten como válidos para la agroindustria de aceite de palma del departamento del Magdalena, en cuanto este representa más del 70% de la producción de la industria de alimentos, según estimaciones realizadas por el Dane en el 2000 (tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la estimación de la frontera de producción estocástica. Primer modelo

Variable explicada: LN Producción				
Variabes	Coefficiente	Error estándar	T	Probabilidad
LN Capital	0,0804942	0,0421768	1,91	0,098
LN Trabajo	-0,0416823	0,0790666	12,09	0,000
LN Consumo	0,956072	0,1078758	0,65	0,537
LN Energía	0,0699801	0,1404911	-0,30	0,775
Constante	-1,122338	1,822731	-0,62	0,558

Fuente: cálculos propios con base en EAM-Dane

Con las anteriores variables explicativas, se estimó un modelo de serie de tiempo para el periodo 1992-2003. Los resultados obtenidos permiten afirmar que todos los determinantes propuestos teóricamente (excepto el trabajo) presentaron los signos esperados, sin embargo, solamente el consumo resultó ser estadísticamente significativo al 5%. Tal como lo sugiere el principio de parsimonia, se elaboró un modelo más sencillo, el cual solo incluyó las típicas variables de producción como variable producto, capital y trabajo como elementos insumo.

Posteriormente, se construyó un segundo modelo denominado modelo o función restringida para contrastar los resultados obtenidos con la función de producción 1, así:

$$L_n(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(K_t) + \beta_2 \ln(L_t) + v_t - u_t$$

Función de producción restringida 3

Con base en las funciones 1 y 2, se inicia el análisis de la eficiencia técnica, encontrándose que una vez establecida

la función de producción Cobb-Douglas homogénea de grado uno,⁴ se sigue un procedimiento econométrico que permitirá obtener los factores que determinan significativamente el nivel de producción. Además, se puede determinar el grado de eficiencia técnica de la industria de aceite de palma del Magdalena de la forma:

$$ET_t = \frac{Y_t}{\bar{Y}}$$

Eficiencia técnica 4

Donde Y_t representa la producción real alcanzada por la industria, en tanto \bar{Y} es la máxima producción posible que podría obtener la industria si utiliza eficientemente los insumos (esto es, si $u_t = 0$).

³ Una variable X sigue una distribución normal cuando sus parámetros tienen la forma μ y σ^2 , lo que se representa como $X \sim N(\mu, \sigma^2)$.

⁴ Esto implica que el producto está determinado por la cantidad de insumos asignados en los procesos productivos, de forma que se puede demostrar que esta ecuación es homogénea de grado 1 si cumple la siguiente condición: $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1$

De la ecuación de la función de producción paramétrica tipo Cobb-Douglas se pueden extraer las siguientes expresiones:

$$Y_t = e^{(\beta_0 + \beta_1 \ln(K_t) + \beta_2 \ln(L_t) + v_t - u_t)}$$

Producción real 5

$$Y = e^{(\beta_0 + \beta_1 \ln(K_t) + \beta_2 \ln(L_t) + v_t)}$$

Máxima producción 6

Reemplazando las ecuaciones 4 y 5 en 3, la eficiencia técnica en la industria de aceite de palma se define como:

$$ET_t = \exp(-u_t)$$

Eficiencia técnica de la agroindustria 7

Los estimadores de la eficiencia técnica obtenidos a partir del modelo econométrico a calcular se interpretarán como la habilidad de minimizar el empleo de los insumos en los procesos de producción de un nivel de producto determinado o la habilidad de maximizar el producto dado un nivel de insumos. Como consecuencia de esto, los resultados estimados de la eficiencia técnica deberán oscilar entre 0 y 1. La industria será más eficiente en tanto sus marcadores se hallen más cerca de la unidad.

Tabla 2. Resultados de la estimación de la frontera de producción estocástica. Segundo modelo

Variable explicada: LN Producción				
Variables	Coefficiente	Error estándar	T	Probabilidad
LN Capital	0,4624327	0,108323	4,27	0,002
LN Trabajo	-0,1544076	0,5313886	-0,29	0,778
Constante	11,20787	4,397349	2,55	0,031

Fuente: cálculos propios con base en EAM-Dane

En particular, los resultados obtenidos indican que el *stock* de capital presentó tanto coeficiente, como signo esperado, y es estadísticamente significativo a un nivel de confianza de 95%; mientras, la variable trabajo arrojó signo negativo en su coeficiente (-15,5%) y no es estadísticamente significativo al 5% (0,778). Con estos resultados, se puede inferir que entre mayores niveles de capital posea la industria, mayores niveles de producción tendrá. A partir de la interpretación de los coeficientes, se puede afirmar que la producción de la agroindustria de palma de aceite aumenta en una cuantía de 46,3% por cada mil millones de activos que posea, como resultado de las economías de escala que pueden obtener las firmas del sector palmífero dada su alta capacidad instalada.

Además, por cada trabajador nuevo que la agroindustria contrata, su producción aumenta en una cuantía de -0,15%, es decir, que la agroindustria de palma de aceite es intensiva en capital más no en trabajo. Estos resultados son similares a los obtenidos por Echavarría, Arbeláez y Rosales [34] en términos de productividad y sus determinantes.⁵

⁵ Ver Echeverría, Arbeláez y Rosales [34] que plantean que la explicación a los resultados de la estimación tiene su origen en la endogenidad de los factores productivos. Así, si la determinación de un factor variable (por ejemplo, el trabajo) en un periodo t responde a la productividad observada v_{jt} , entonces este factor productivo estará positivamente correlacionado con v_{jt} y se presentará un sesgo hacia arriba en la elasticidad del producto al trabajo, mientras que no será clara la dirección que toma el sesgo del coeficiente del capital, cuya principal característica es que es un insumo *quasi*-fijo. Por lo tanto, este puede tener una débil correlación con la

Por último, es importante mencionar que en el ejercicio realizado, la eficiencia técnica de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena (figura 2) presentó una tendencia muy distinta a la mostrada por la región (figura 3). No obstante, esta obtuvo un comportamiento similar al presentado por la producción bruta, la eficiencia productiva, la productividad laboral y la productividad total de los factores de toda la agroindustria, con leves caídas en 1993 y 1997, y una recuperación notoria en 1998 y a partir del 2001 en el caso de la producción.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Acevedo y Ramírez [3] en cuanto a la existencia de una analogía entre el patrón de la eficiencia técnica del Magdalena y el patrón presentado en la región, dado que en las figuras 2 y 3 es posible ver cómo ambos patrones de eficiencia se dan en forma de “u”, lo que se puede describir como una caída en la eficiencia técnica durante un corto periodo, seguida de una recuperación y posteriormente una nueva caída, y así sucesivamente durante todo el periodo de estudio, lo cual se puede contrastar con el comportamiento agregado de la producción en Colombia desde 1995 al 2010.

productividad, lo cual es indicio de que el capital está directamente correlacionado con al menos un factor variable (como el trabajo), de manera que el sesgo positivo en el coeficiente de este puede transmitirse a un sesgo negativo en el coeficiente del otro como resultado de la estimación conjunta de las variables.

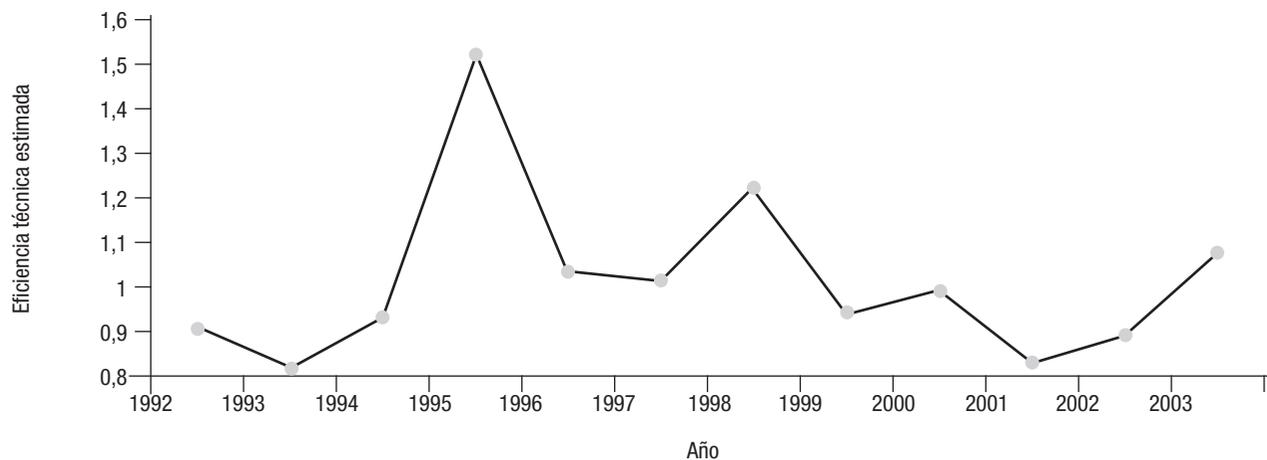


Figura 2. Eficiencia técnica de la agroindustria de aceite de palma del departamento del Magdalena (1992-2003)

Fuente: cálculos propios con base en la EAM-Dane

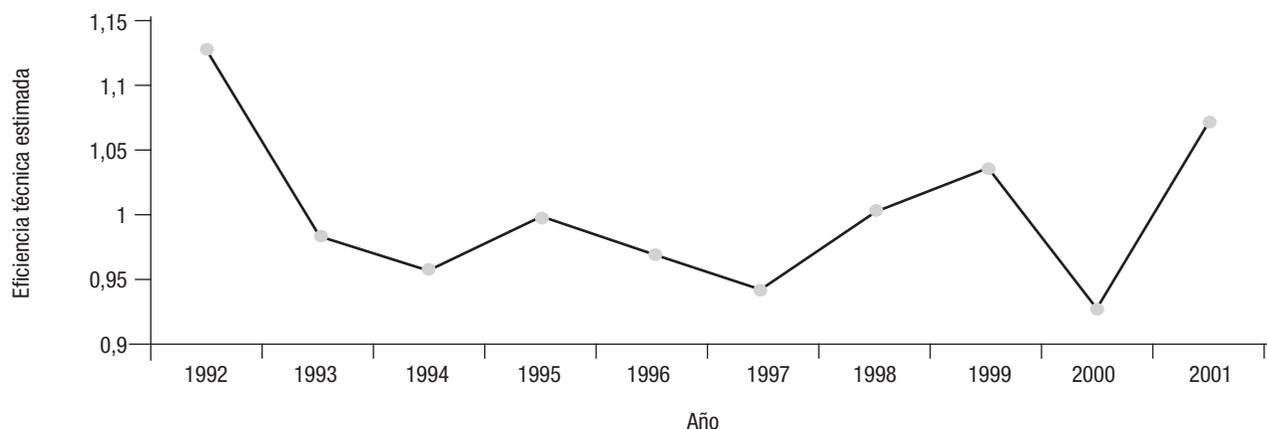


Figura 3. Eficiencia técnica de la agroindustria de aceite de palma de la Región Caribe (1992-2001)

Fuente: cálculos propios con base en la EAM-Dane

Una vez realizados todos los cálculos, se procede a verificar si el análisis de la eficiencia técnica es consistente; para esto fue necesario observar el comportamiento de la producción de este bien y su tendencia en Colombia desde 1995 hasta el 2010, con el objeto de dar mayor confiabilidad a los resultados obtenidos; además, se realizó un pronóstico de serie de tiempo, teniendo en consideración que la tendencia de una serie de tiempo es el componente de largo plazo que representa el crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo amplio. Las fuerzas básicas que ayudan a explicar la tendencia de una serie son el crecimiento de la población, la inflación de precios, el progreso tecnológico y los incrementos en la productividad.

Para esta parte, se tuvieron en cuenta los siguientes datos: datos/variable: producción anual de aceite crudo de palma en Colombia medidos en toneladas, periodo de estudio (1995-2010). Este procedimiento pronostica

futuros valores de la producción anual en toneladas y los datos cubren un periodo de tiempo (desde 1995 al 2010); actualmente se ha seleccionado el modelo de una tendencia lineal para analizar el comportamiento de la tendencia de la variable. Este modelo asume que el mejor pronóstico disponible para datos futuros está dado por la línea de regresión lineal ajustada con todos los datos anteriores. La salida de los datos estimados se hace con el *software Gretl* y resume la significancia estadística de los términos en el modelo de pronósticos (tabla 3). Los términos con valores-P menores que 0,05 son estadísticamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%. En este caso, el valor-P para el término lineal es menor que 0,05, de modo que es estadísticamente diferente de 0. Cada uno de los estadísticos está basado en los errores de pronóstico uno-adelante, los cuales son las diferencias entre los datos al tiempo t y el valor pronosticado al tiempo $t-1$. Los primeros tres estadísticos miden la magnitud de los errores (tabla 3).

Tabla 3. Parámetro de pronósticos

Parámetro	Estimado	Error estd.	T	Valor-P
Constante	341.487	16.973,5	20,1188	0,000000
Pendiente	28.700,8	1.755,35	16,3504	0,000000

Fuente: salida de resultados en *software Gretl*

El modelo de pronóstico obtenido fue de tendencia central, donde Y representa la variable producción de aceite crudo de palma. En relación con esto, Perdomo Calvo, Darrell y Huth [35] explican que: “Se puede establecer que hay empresas que se encuentran sobre la frontera eficiente y sin embargo, no reportar uno de los mejores márgenes o netos, no serían consideradas como organizaciones eficientes bajo el esquema de cálculo de razones financieras operacionales”.

$$Y = 341487 + 28700,8 t$$

Modelo de pronóstico 8

Resultados

Con base en el modelo de tendencia planteado, para la variable producción se encuentra que el pronóstico en la producción de aceite crudo de palma para Colombia para finales del 2011 y 2012 estará alrededor de 829.400 y 858.100 toneladas, respectivamente. Sin embargo, Fedepalma [36] plantea un pronóstico similar al encontrado por nuestro estudio. Además, establece que existe un comportamiento favorable de la producción de aceite de palma en el 2011, a pesar de las dificultades que enfrenta el sector palmero colombiano, principalmente de orden sanitario y climático; por otra parte, establece que la producción de este año (2011) será cercana a 900.000 toneladas, teniendo en cuenta que el factor climático afectó 400.000 hectáreas, con daños a la infraestructura productiva, física y sector social (figura 4).

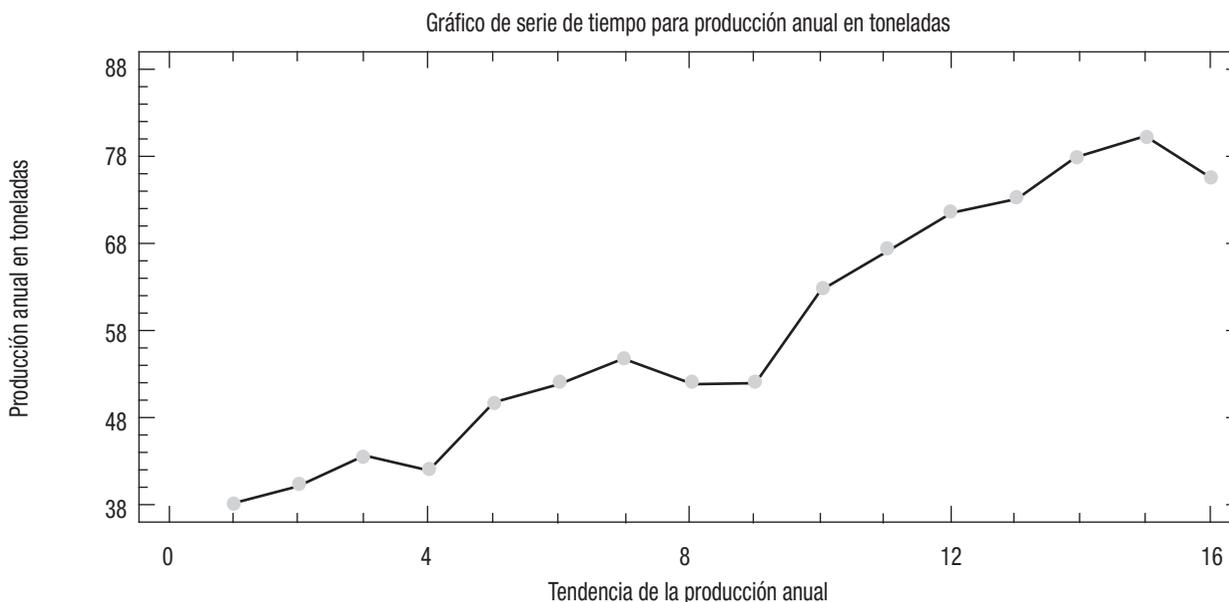


Figura 4. Comportamiento de la producción de aceite de palma en Colombia (1995-2010)

Fuente: autor con base en datos de Fedepalma [44] escala x10.000

Lo anterior permite establecer que el departamento del Magdalena, al igual que la Región Caribe ha mantenido un aceptable desempeño de eficiencia técnica y producción, particularmente durante 1995 y 1999. Para el caso del Magdalena, esto podría ser el resultado de las economías de escala que obtiene la agroindustria de palma de aceite, su alta capacidad instalada y sus intensivos niveles de capital.

Discusión

Aunque se cumplió con los objetivos propuestos en la determinación de la eficiencia técnica de la agroindustria de aceite de palma, quedan varios aspectos para reflexionar y discutir. En primera instancia, la forma funcional establecida es una primera aproximación para evaluar la eficiencia técnica de la agroindustria. El segundo elemento es que al aplicar modelos paramétricos se puede caer en ciertos errores al momento de tomar decisión. Los resultados se deben contrastar con otro tipo de modelos como los no paramétricos, los cuales no imponen una forma funcional.

El tercer elemento que se debe considerar es que los datos son una de las principales restricciones, dado que es necesario ampliar la serie de tiempo debido a que las fuentes estadísticas no se encontraban actualizadas al momento de terminar el artículo. Finalmente, el modelo de tendencia planteado para la realización del pronóstico se puede mejorar utilizando otras técnicas que modelen mejor la variable producción y así evitar los sesgos al momento de la toma de decisión, como los ocasionados por la tendencia y variabilidad; en la medida en que se disponga de una serie de datos estadísticos completa y con mayores niveles de desagregación se podrían mejorar los resultados obtenidos.

Estos resultados se pueden contrastar con los obtenidos por Perdomo, Calvo, Darrell y Huth [35], quienes estimaron la forma funcional de producción cafetera en Colombia mediante fronteras estocásticas (FEP). Los autores analizaron la importancia de los principales insumos empleados en la producción de café (cantidad de hectáreas cultivadas, mano de obra utilizada, maquinaria requerida y cantidad de fertilizantes aplicados), que afectan la productividad. Igualmente, determinaron la existencia de economías a escala en productores pequeños, medianos, grandes y sector general cafetero, ubicados en Caldas, Quindío y Risaralda. Además, se evaluó la eficiencia técnica (ET) en la producción. Entre los principales resultados de ese estudio se destaca que la función de producción cafetera tiene una forma funcional

Translog minflex Laurent para pequeños, medianos, grandes y sector general del eje cafetero colombiano. Finalmente, se encontró ineficiencia técnica y estocástica en la actividad agrícola.

Conclusiones

A partir de la modelación realizada, se concluye que existe un vínculo entre la pregunta de investigación planteada y los objetivos. Se dio repuesta específicamente a la pregunta ¿se puede determinar la eficiencia técnica de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena?, encontrándose que en el periodo analizado la agroindustria de aceite de palma mostró niveles positivos de eficiencia técnica. Por otra parte, las variables que podrían explicar el comportamiento de la agroindustria permiten afirmar que todos los determinantes propuestos teóricamente (excepto el trabajo) presentaron los signos estadísticos esperados, sin embargo, solamente el consumo resultó ser estadísticamente significativo al 5%. Tal como lo sugiere el principio de parsimonia, se elaboró un modelo más sencillo, el cual solo incluyó las típicas variables de producción como variable producto, capital y trabajo como elementos insumo. El *stock* de capital presentó tanto coeficiente, como signo esperado, y es estadísticamente significativo a un nivel de confianza de 95%, mientras que la variable trabajo arrojó signo negativo en su coeficiente (-15,5%) y no es estadísticamente significativo al 5% (0,778).

Con estos resultados, se puede inferir que entre mayores niveles de capital posea la industria, mayores niveles de producción tendrá. La eficiencia técnica de la agroindustria de aceite de palma en el departamento del Magdalena presentó una tendencia muy distinta a la mostrada por la región. No obstante, esta obtuvo un comportamiento similar al presentado por la producción bruta, la eficiencia productiva, la productividad laboral y la productividad total de los factores de toda la agroindustria, con leves caídas en 1993 y 1997 y una recuperación notoria en 1998, y a partir del 2001 en el caso de la producción. Tanto el departamento del Magdalena como la Región Caribe han mantenido desempeños aceptables de eficiencia técnica y producción, particularmente durante 1995 y 1999. Para el caso del Magdalena, esto podría ser el resultado de las economías de escala que obtiene la agroindustria de palma de aceite, su alta capacidad instalada y sus intensivos niveles de capital. Estas conclusiones coinciden con lo planteado por Farrell [8] cuando explica: “la eficiencia técnica refleja la habilidad de obtener la máxima cantidad de productos, dados los insumos, y la eficiencia en

la asignación refleja la habilidad de usar los insumos en las proporciones óptimas, dados sus precios respectivos”.

La producción para finales del 2011 y comienzos del 2012 de aceite crudo de palma estará alrededor de 829.400 y 858.100 toneladas respectivamente, lo que indicaría que la agroindustria está ganando eficiencia técnica. Quedaría pendiente para otros estudios analizar si esta eficiencia está correlacionada con ganancia o pérdida en productividad.

Referencias

- [1] S. Ocampo. “Agroindustria y conflicto armado. El caso de la palma de aceite - Colombia Internacional”. Redalyc. 15 de febrero del 2011, Disponible: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81215371008>.
- [2] A. Álvarez, J. Belknap y W. Saupe. “Eficiencia técnica de explotaciones lecheras”. *Revista de Estudio Agro Sociales*. No. 145 pp 143-156.
- [3] Acevedo Ramírez. “Diferencias regionales en la eficiencia técnica del sector confecciones en Colombia: un análisis de fronteras estocásticas”. *Innovar*. 10 de marzo del 2011, Disponible: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012150512005000200006&lng=es&nrn=iso&tlng=es.
- [4] J.D. Quintero Otero, W.O. Prieto Bustos, F. Barrios Aguirre y L.E. Leviller Guardo. “Determinantes de la eficiencia técnica en las empresas colombianas 2001-2004 Semestre Económico”. Redalyc. 15 de enero del 2011, Disponible: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=165013112001>.
- [5] Rodríguez. “Medición de la eficiencia relativa en tres subsectores de la economía colombiana desde 1993 a 1999 utilizando Data Envelopment Analysis (DEA)”. *Innovar. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*. 10 de mayo del 2011, Disponible: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=81802111>.
- [6] Pena, Basch y Vergara. “Eficiencia técnica y escalas de operación en pesca pelágica: un análisis de fronteras estocásticas”. *Cuad. Econ.* 2003, Vol. 40, No. 119, pp 47-87. 10 de marzo del 2011, Disponible: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s07176821200301190002&lng=es&nrn=iso. Issn 0717-6821. Doi: 10.4067/s0717-68212003011900002.
- [7] T.C. Koopmans. “An analysis of production as an efficient combination of activities” en T.C Koopmans, ed. *Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economics*, Monograph number 13. New York: Wiley.
- [8] M.J. Farrell. “The measurement of productive efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, Vol. 120, No. 3, pp 253-290.
- [9] L.M. Seiford y R.M Thrall. “Recent developments in DEA. The mathematical programming approach to frontier analysis”. *Journal of Econometrics*. 46, pp 7-38
- [10] Alemán. Universidad Nacional Autónoma de México, “Eficacia y Eficiencia”. *Revista Tu Obra*. 20 de marzo del 2011, Disponible: <http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/020829171632-EFICACIA.html>
- [11] A. Álvarez. “Concepto y medición de la eficiencia productiva” en Álvarez, *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*. Tercera edición. Madrid: Pirámide, 2001. pp. 250-300.
- [12] R. Pascual. “Eficiencia de los centros públicos de educación secundaria de la provincia de Alicante”. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Alicante. Vol.1, No 1. Mes 2, Año 2000, pp 60.
- [13] A. Bouza. “Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud”. *Revista Cubana Salud Pública*. Vol. 26, No. 1, pp 50-56.
- [14] J. Stoner. *Administración*. Sexta Edición. México: Prentice Hall, 1997, pp 250 – 300.
- [15] García, Coll. “Competitividad y eficiencia”. *Revista Estudios de Economía Aplicada*. Dialnet-Unirioja. 5 de abril del 2011, Disponible <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=784682>.
- [16] J. Casas. *Curso de Economía*. Valencia: Editorial de Economía Política, S.A., Prentice Hall, 2006, pp 250-300.
- [17] E. Hernández. *Evolución de la productividad total de los factores en la economía mexicana (1970-1989)*. México: STPS.
- [18] G. Barrios. “Propuesta de un método multi-etápico DEA para la evaluación de la eficiencia productiva”. *Contribuciones a la Economía*. Universidad de Málaga. 25 de marzo del 2011, Disponible en: <http://www.eumed.net/ce/2007/c/gybc-b.htm>.
- [19] V. Figueroa, A. Averhoff, y C. Castellón. “La eficiencia de la producción en la economía socialista”. *Revista Economía y Desarrollo*, Vol. 72, No. 2, Mes 11, Año 1983, pp 13-37.
- [20] S. Colás y J. Mc-Pherson. “La efectividad en el socialismo: puntos de vista discrepantes”. *Economía y Desarrollo*, Vol. 22, No. 2, Mes 11, Año 1988, pp 30-37.
- [21] García. “Eficiencia técnica y costes de producción en el sector agrario de Navarra 3”. Departamento de Agricultura, Ganadería. 05 de diciembre del 2011, Disponible en: <http://www.priceminister.es/offer/buy/59518519/departamento-de-agricultura-ganaderia-eficiencia-tecnica-y-costes-de-produccion-en-el-sector-agrario-de-navarra-3-libro.html>.
- [22] J. Aignery y S. Chu. “On estimating the industry production function”. *American Economic Review*, Vol. 58, pp 826-839.
- [23] J. Aigner, A. Lovell y P. Schmidt. “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Models” *Journal of Econometrics*, Vol. 6, pp 21-37.
- [24] H. Varian. *Microeconomía Intermedia. Un enfoque moderno*. Tercera edición, Editor Antonio Bosch, Barcelona.
- [25] C. Arias. “La estimación de eficiencia en los modelos con datos panel”, en A. Álvarez (coordinador). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Editorial Pirámide.

- [26] L. Orea. "Medición y descomposición de la productividad", en A. Álvarez (coordinador). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Editorial Pirámide.
- [27] A.K. Lovell. "Mirando hacia adelante: oportunidades de investigación futura en el análisis de eficiencia y productividad", A. Álvarez (coordinador). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Editorial Pirámide.
- [28] García y Aguilar. "Eficiencia técnica y producto potencial en el agro cubano". 20 de enero del 2011, Disponible en: http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economía/garcía_aguilar1_310503.pdf
- [29] S. Alemán y V. Figueroa. *El modelo cooperativo campesino en Cuba*. La Habana: Editora Política.
- [30] G. Barrios, Y. Ibarra y A. Pérez. "Análisis de la eficiencia productiva en las Unidades Básicas de Producción Cooperativas (UBPC) cañeras en la provincia de Villa Clara". *IV Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales*. [CD-Room]. Octubre, Santa Clara, CIDICT, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- [31] Guzmán, Arcas y García. "La eficiencia técnica como medida de rendimiento de las cooperativas agrarias". *Economía Pública, Social y Cooperativa*, 55, pp 289-311. 20 de enero del 2012, Disponible: http://www.ciriec-revistaeconomia.es/banco/5510_Guzman_et_al.pdf.
- [32] J. Gamarra. "Eficiencia técnica relativa de la ganadería en la Costa Caribe colombiana". *Serie Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional*. Banco de la República, Sucursal Cartagena, 53, pp 32-38.
- [33] Celro y Cortés. "La industria azucarera en México y Venezuela, un estudio comparativo". *Carta Económica Regional*. Professional Journal archives from AllBusiness.com. 25 de mayo del 2001, Disponible: <http://www.allbusiness.com/professional-scientific/accounting-tax/3988493-1>.
- [34] Echevarría, Arbeláez y Rosales. "La productividad y sus determinantes: el caso de la industria colombiana". Banrep, borrador 374. 05 de junio del 2011, Disponible: www.banrep.gov.co.
- [35] Perdomo, Calvo, Darrell y Huth. "Funciones de producción y eficiencia técnica en el Eje Cafetero colombiano: una Aproximación con frontera estocástica". 20 de junio del 2011, Disponible: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1791078.
- [36] Federación nacional de cultivadores de palma de aceite: El palmicultor, 472, pp 8. 25 de junio del 2011, Disponible <http://www.fedebiocombustibles.com/v2/nota-web-id-706.htm>.