Working paper No. 67
2015-7

Estimación de brechas tecnológicas y sus determinantes en el sector agropecuario colombiano

Juan Mauricio Ramírez
Juan José Perfetti
Juan Guillermo Bedoya



Fedesarrollo
Calle 78 # 9 – 91
Teléfono: (571) 3259777
Fax: (571) 3259780

Los trabajos en curso de Fedesarrollo son publicados para difusión y discusión. Estos trabajos no han sido evaluados por pares, y de ninguna manera reflejan ni comprometen al Consejo Directivo de Fedesarrollo ni a sus directivos.

Estimación de brechas tecnológicas y sus determinantes en el sector agropecuario colombiano

Julio 2015

Juan Mauricio Ramírez[1/]
Juan José Perfetti[1/]
Juan Guillermo Bedoya[2/*]

Resumen

En este estudio se estiman las brechas tecnológicas en la producción de un conjunto de productos agropecuarios por parte de pequeños y medianos productores en Colombia y se indaga por los factores que explican dichas brechas, con especial énfasis en variables de política como capacitación, crédito y asistencia técnica agropecuaria. Para la estimación econométrica se utiliza una muestra de productores que se beneficiaron del programa Agro Ingreso Seguro entre 2008 y 2010. Los resultados muestran que existe un considerable nivel de ineficiencia técnica en la producción agropecuaria en Colombia. En general, se encuentra que la asistencia técnica contribuye a reducir la ineficiencia igual que el acceso a material genético y variables relacionadas con asociatividad.

Keywords: Eficiencia técnica, Producción agropecuaria, Colombia, Asistencia técnica

JEL Codes: Q12, Q18, C33

[1/] Investigadores Asociados de Fedesarrollo.
[2/] CEDE, Universidad de Los Andes.
[*] Este trabajo contó con el apoyo del BID a través del Programa de Mejora de la Competitividad y Productividad Sectorial. El trabajo recibió valiosos comentarios de Álvaro García y Sergio Ardila del BID, Leopoldo Ferguson, Raúl Castro y Ramón Rosales del CEDE, Universidad de Los Andes, Leonardo Villar y asistentes a seminarios en Fedesarrollo y en el BID.

Abstract

We estimate technological gaps in agriculture and milk production by small and medium size producers in Colombia. We also study the effect of different variables that potentially explain those gaps. In particular, we are interested in the effect of policy variables such as training, credit, and technical assistance. For the estimation we use a sample of producers that beneficiated from the program *Agro Ingreso Seguro* (Agro Certain Income) between 2008 and 2010. The results show that there is a considerable level of inefficiency among agricultural producers in Colombia. In general, we find that technical assistance contributes to the reduction of inefficiency. So does the access to genetic material and a set of variables related with associativity and coordination among producers.

Keywords: Technical Efficiency, Agricultural Production, Colombia, Technical Assistance.

JEL Codes: Q12, Q18, C33

Introducción

La cuantificación de la eficiencia técnica y la identificación de sus determinantes es un insumo fundamental para el diseño de políticas públicas y el manejo de las unidades productivas (Bravo-Ureta y Rieger, 1991). La posibilidad de obtener un mayor nivel de producto haciendo un uso más eficiente de los insumos que participan en el proceso productivo, puede ser una de las principales fuentes de crecimiento para un sector particular, especialmente, cuando existe campo para impulsar procesos de expansión productiva con implicaciones en el bienestar de los productores y ganancias de productividad en la economía, y que pueden constituir ganancias tempranas frente a procesos más complejos asociados con la introducción de cambios tecnológicos significativos (Bravo-Ureta y Pinheiro, 1993).

Como lo señalan Tsonias y Kumbhakar (2004), las aproximaciones que consideran de manera explícita la eficiencia técnica, permiten identificar los productores, regiones y/o sectores que presentan ineficiencia técnica significativa. Este proceso de identificación y el análisis de los determinantes de la ineficiencia abren un espacio para el diseño de políticas públicas que puedan generar mejoras de eficiencia con intervenciones eficaces en un sentido costo-beneficio.

El objetivo de este estudio es estimar las brechas tecnológicas en la producción de un conjunto de productos agropecuarios por parte de pequeños y medianos productores en Colombia e indagar por los factores que explican dichas brechas. Para ello se aborda una metodología basada en Batesse y Coelli (1995) que permite obtener medidas de eficiencia técnica, e identificar, consistentemente, la posible asociación entre la eficiencia y un conjunto de variables, donde nuestro interés se concentra en aquellas relacionadas con variables de política como capacitación, crédito y asistencia técnica agropecuaria.

Para la estimación econométrica se utiliza una muestra de productores que se beneficiaron del programa Agro Ingreso Seguro entre 2008 y 2010. Como es común en este tipo de programas, la escogencia de los beneficiarios no implicó un proceso aleatorio, lo que plantea problemas de sesgo de selección de la muestra. Aunque esta es una característica de los datos que debe ser tomada en cuenta para cualquier evaluación de impacto del programa (como en efecto lo hizo la evaluación existente de Econometría, 2011), no es ese el objetivo que se persigue en las estimaciones econométricas que se presentan en este estudio. En este sentido, se debe señalar que no se pretende establecer el efecto causal de este conjunto de variables sobre la eficiencia sino el grado de asociación que puede existir entre ellas y los niveles de eficiencia técnica.

El documento está dividido en las siguientes secciones:

En la primera sección se exponen los principales elementos conceptuales y metodológicos de los modelos de frontera de producción estocástica, el cálculo de las medidas de eficiencia técnica y la estimación de sus determinantes a partir de la utilización de datos panel. En adición a lo anterior, se da un panorama acerca de donde se ubica este trabajo dentro de la literatura relacionada con la eficiencia técnica.

En la segunda sección se describe la información de la línea base del programa AIS que se utiliza para las estimaciones econométricas. En la tercera sección se presentan los resultados de las estimaciones de los niveles de ineficiencia técnica y de sus determinantes.

La cuarta sección presenta las conclusiones y recomendaciones.

1. Marco conceptual y aproximación empírica

La eficiencia técnica puede ser vista desde una orientación de insumo o una orientación de producto. En el primer caso se entiende por eficiencia la obtención de cierto nivel de producto haciendo uso de la cantidad mínima de insumos; en la segunda perspectiva se trata de producir el máximo nivel de producto para un nivel dado de insumos.

Un productor se considera como técnicamente eficiente si se encuentra sobre la frontera del conjunto de posibilidades de producción. La ubicación sobre la frontera señala que el productor esta combinando los insumos de la mejor manera, asegurando la obtención del mayor nivel de producto posible dada la tecnología disponible.

La frontera de posibilidades de producción se constituye entonces en el punto de referencia con respecto al cual se obtienen las medidas de eficiencia técnica[2], determinando como unidades productivas eficientes aquellas que se encuentran sobre esta frontera e ineficientes a las que se encuentran en el interior del conjunto excluyendo el límite superior.

Formalmente, y desde una visión de insumo una unidad de producción es eficiente si no existe otro plan de producción $(x, y) \neq (x', y') \in S$ tal que $x \leq x' \wedge y \geq y'$, es decir, no existe otro plan de producción que haciendo uso de una cantidad menor o igual de insumos (x) pueda producir una cantidad igual o mayor de producto (y).

Para cuantificar el nivel de eficiencia técnica de una unidad productiva es necesario suponer una estructura que represente de manera consistente la tecnología y el comportamiento de dicha unidad productiva. La literatura teórica y empírica ha hecho uso de la función de costos, la función de producción y/o la función de beneficios para describir tal comportamiento. Sin embargo, los mayores desarrollos metodológicos en esta literatura se han basado en la función de producción.

Como señala Alene (2003) en un análisis para la producción agropecuaria, las metodologías para cuantificar la eficiencia técnica se pueden resumir en cuatro grandes grupos: (i) estimadores promedio de la productividad factorial, (ii) aproximación por programación lineal, (iii) aproximación por funciones de producción y (iv) aproximación por función de beneficios.

[2] Las medidas de eficiencia técnica se construyen relativas al conjunto de productores que se encuentran sobre la frontera, es decir, aquellos que son técnicamente eficientes.

La literatura ha cuestionado particularmente las metodologías (i) y (iv). En el primer caso, De Haen y Runge-Metzger (1989) señalan que la comparación de indicadores de productividad agregados no captura elementos relevantes de la estructura productiva de cada unidad de análisis, como son las diferencias en las proporciones factoriales o el acceso a ingresos por fuera de la actividad agropecuaria.

Frente a las metodologías basadas en la función de beneficios, las críticas se han concentrado en señalar que posiblemente es la minimización de riesgo o las necesidades de subsistencia los factores que más impacto tienen sobre las decisiones de producción, por lo que la maximización de beneficios resulta una aproximación poco plausible para caracterizar la producción agropecuaria, particularmente en el caso de los pequeños productores.

En el análisis que sigue se describe la estimación de la ineficiencia técnica con base en el enfoque desde la función de producción.

a. Medidas de eficiencia técnica

i. El modelo determinístico

El trabajo de Farrell (1957) estableció los elementos básicos e inició la agenda de investigación en la metodología de frontera de producción. El modelo desarrollado en su artículo pionero, es conocido como el modelo determinístico no paramétrico de frontera, el cual fue ampliado posteriormente por Fare *et al.* (1985) entre otros y que derivó en lo que se conoce como el Análisis Envolvente de Datos (AED).

El AED es una metodología no paramétrica para estimar una función de distancia con base en técnicas de programación lineal, la cual garantiza que cada una de las observaciones se encuentre sobre la frontera o por debajo de esta[3].

Esta aproximación no supone una forma funcional sobre los datos, pero al mismo tiempo es altamente sensible a los errores de medida y a las observaciones extremas, problemas que típicamente caracterizan la información relacionada con la producción agropecuaria.

En adición a lo anterior, el carácter determinístico de esta aproximación implica que cualquier desviación de la frontera es causada por la ineficiencia. Es decir, inclusive aquellas desviaciones producidas por elementos que se encuentran fuera del control del productor, como por ejemplo el clima o la calidad de la tierra, se reflejarían en la medida de ineficiencia.

Siguiendo otra idea también planteada por Farrell (1957), que consistía en construir un conjunto convexo de las razones insumo-producto observadas por medio de una función de producción

[3] La frontera puede ser planteada como 'insumo orientada' o 'producto orientada'.

Cobb-Douglas, Aigner y Chu (1968) propusieron una frontera de producción conocida como el método paramétrico de frontera determinística.

Bajo esta metodología, los parámetros de una versión log-linealizada de la frontera de producción eran obtenidos por medio de la minimización de la suma absoluta o cuadrática de los residuales, siendo estos últimos una medida de la ineficiencia técnica para cada unidad de análisis. Esta aproximación al igual que la no paramétrica, es altamente sensible a observaciones extremas y errores de medida, y asume que cualquier desviación de la frontera es producto de la ineficiencia técnica, inclusive aquella que es producida por factores que se encuentran por fuera del control del productor.

ii. El modelo estocástico

Los modelos de frontera de producción estocástica aparecen como una forma de afrontar la presencia de observaciones extremas y permitir la existencia de ruido dentro del proceso de estimación. En efecto, como lo señala Adele (2003), agregar los efectos de choques exógenos, los errores de medida y la ineficiencia en un solo término de error y darle una interpretación absoluta de ineficiencia a tal término resulta problemático.

Con el fin de resolver estas dificultades, Aigner et al (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977) desarrollaron el modelo de frontera de producción estocástica. El modelo establece un error aditivo de dos componentes. El primero es un componente simétrico entre unidades de análisis el cual captura errores de medida, ruido estadístico y choques exógenos que se encuentran por fuera del control del productor. El segundo componente, de otro lado, captura la ineficiencia relativa de la unidad de análisis.

En el modelo de frontera de producción estocástica de Battese (1992), la ecuación [1] representa la función de producción para una firma i, donde Y_i es el producto total, X_i un vector de insumos, β un vector de parámetros desconocidos y ε_i un error compuesto:

$$Y_i = f(X_i, \beta)\exp(\varepsilon_i) \qquad [1]$$

El error definido en [1] se puede escribir como,

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \qquad [2]$$

El elemento v_i, representa el componente simétrico que captura los errores de medida, ruido estadístico y los choques exógenos fuera del control de cada unidad de producción i. Se supone que los $v_i's$ se distribuyen idéntica e independientemente con una distribución normal, media cero y varianza σ_v^2, ($v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$), e independientemente de los $u_i's$. Por otra parte, los $u_i's$ se asumen distribuidos como valores no negativos provenientes de una distribución normal

truncada, con media μ y varianza σ_u^2, ($u_i \sim |N(\mu,\sigma_u^2)|$) y se interpretan como la medida de eficiencia relativa para la unidad de producción i[4].

En los casos en los que $u_i = 0$ se considera que la unidad de producción se encuentra sobre la frontera, es decir, está haciendo el mejor uso posible de los insumos a su disposición obteniendo el mayor nivel de producto posible dada la tecnología disponible. Cuando $u_i > 0$ se considera que el productor se encuentra por debajo de la frontera, es decir, el productor es ineficiente.

A partir de las ecuaciones [1] y [2], la eficiencia técnica para la $i-esima$ unidad de producción puede ser definida como:

$$ET = \frac{Y_i}{f(X_i,\beta)\exp(v_i)} \quad [3]$$

Siguiendo a Jondrow et. al. (1982), el estimador de la eficiencia técnica para la $i-esima$ unidad de producción puede obtenerse de la esperanza condicional de u_i dado ε_i,

$$E(u_i \mid \varepsilon_i) = \frac{\sigma_u\sigma_v}{\sigma}\left[\frac{f(\cdot)}{1-F(\cdot)} - \frac{\varepsilon_i}{\sigma}\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^{1/2}\right] \quad [4]$$

Donde ε_i son los residuales estimados para cada unidad de producción, $f(\cdot)$ la densidad de la distribución normal estandarizada evaluada en $\frac{\varepsilon_i}{\sigma}\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^{1/2}$, y $F(\cdot)$ la función de distribución acumulada de la normal estandarizada igualmente evaluada en $\frac{\varepsilon_i}{\sigma}\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^{1/2}$. Los estimadores para β se obtienen por máxima verosimilitud, así como $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}$, con $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ dada la independencia asumida entre los dos componentes del error ε_i.

[4] En la siguiente sección se presenta la aproximación de datos panel de Battese y Coelli (1995), en la que además se modela de manera explícita la existencia de un conjunto de determinantes de la ineficiencia técnica, modificando el supuesto de una media μ a uno en que la media depende de unos determinantes z.

b. Determinantes de la ineficiencia técnica y modelos de datos panel

El marco empírico básico del modelo de frontera estocástica presentado en la sección anterior consideraba la disponibilidad de datos de corte transversal. Sin embargo, durante los últimos años y dado el aumento y la regularidad de la información disponible, las aproximaciones econométricas se han extendido a los estudios de datos de panel. La oportunidad de observar una misma unidad de análisis en varios momentos del tiempo amplía el conjunto de posibilidades que pueden ser exploradas[5].

Para el caso del modelo de frontera estocástica, Battese y Coelli (1995) extienden el marco metodológico anteriormente expuesto permitiendo no solo incorporar estimaciones de modelos de datos panel, sino además, incluir un modelo de determinantes para la ineficiencia técnica. Este último elemento se presenta como una herramienta fundamental, ya que además de obtener una medida de eficiencia técnica, se pueden estudiar los determinantes de la misma, los cuales se constituyen en información valiosa para la identificación de posibles instrumentos de intervención en el diseño de políticas públicas.

Battese y Coelli (1995) señalan un aspecto problemático de trabajos previos como el de Pitt y Lee (1981) que abordan la estimación de determinantes de la ineficiencia técnica como un proceso en dos etapas. El problema reside en que mientras en la primera etapa se estima la frontera de producción estocástica y se obtiene una predicción de la medida de eficiencia técnica bajo el supuesto de distribución idéntica entre unidades de análisis, en la segunda etapa se toman las estimaciones de eficiencia y se regresan con respecto a un grupo de variables explicativas lo cual viola los supuestos distribucionales de la primera etapa (distribución idéntica).

Para resolver esta inconsistencia y permitir la incorporación de un modelo para los determinantes, Battese y Coelli (1995) proponen un modelo compuesto de dos ecuaciones,

$$Y_{it} = f(X_{it}, \beta)\exp(v_{it} - u_{it}) \qquad [5]$$

$$u_{it} = z_{it}\delta + w_{it} \qquad [6]$$

En contraste con el modelo base presentado en la sección anterior, el subíndice t hace referencia a la dimensión temporal del panel de datos y lo que es más relevante, se asume que los u_{it}'s son independientemente distribuidos provenientes del truncado en cero de la distribución normal, con

[5] Baltagi (2005) identifica seis beneficios provenientes de los ejercicios basados en datos panel: (1) La posibilidad de controlar por la heterogeneidad de las diferentes unidades de análisis, (2) mayor información, más variabilidad, menos colinealidad entre variables, más grados de libertad y estimadores más eficientes, (3) un contexto que permite estudiar de mejor manera las dinámicas de ajuste, (4) identificación de efectos que no pueden ser capturados en ejercicios de corte transversal y series de tiempo, (5) la posibilidad de construir y probar modelos comportamentales más complejos y (6) mayor precisión proveniente de la reducción en los niveles de agregación de la información.

media $z_{it}\delta$ y varianza σ_u^2 ($u_{it} \sim |N(z_{it}\delta, \sigma_u^2)|$), donde z_{it} es un vector de variables explicativas asociadas con la ineficiencia técnica de la producción para la unidad de análisis i en el tiempo t y δ un vector de coeficientes desconocidos asociados con las variables explicativas contenidas en z_{it}.

El modelo representado por las ecuaciones [5] y [6] se estima de manera conjunta por el método de máxima verosimilitud, mejorando la eficiencia de los estimadores y respetando los supuestos distribucionales sobre cada uno de los componentes del modelo.

Luego de finalizar el proceso de estimación, la medida de eficiencia técnica para cada unidad de producción y los determinantes de la misma se convierten en los elementos claves de análisis para este estudio.

c. Aproximaciones recientes

Con la consolidación de la literatura sobre frontera estocástica y sus extensiones, como la inclusión de determinantes de las medidas de eficiencia obtenidas que se explicó en la sección anterior, la literatura reciente se ha orientado hacia la identificación de efectos causales de intervenciones de política pública particulares.

Como lo señalan Gonzáles-Flores *et al.* (2014), la evidencia sobre los efectos de programas agrícolas en países en desarrollo es escasa e inconclusa. Los autores indican que las razones para que la evidencia se encuentre en tal estado se debe a que el grueso de los programas implementados se han enfocado en indicadores de producción agregados y en el valor del producto obtenido lo que ha imposibilitado estimar el impacto de estos programas sobre la eficiencia técnica y la adopción de las mejores prácticas.

Con el fin de recolectar evidencia sobre el efecto causal de los programas agrícolas en los países en desarrollo, la literatura de frontera estocástica se ha orientado en los últimos años hacia las técnicas de evaluación de impacto. De esta manera, se combinan dos técnicas bien establecidas como son los modelos de frontera estocástica y los de evaluación de impacto con el fin de consolidar evidencia que permita direccionar recursos a aquel tipo de intervenciones que tengan un mayor impacto (Bravo-Ureta, 2014).

2. La información

Para la estimación de brechas tecnológicas se utiliza información del programa Agro Ingreso Seguro (AIS). Este programa se creó mediante la Ley 1133 de 2007 con el objetivo de mejorar la competitividad del sector agropecuario con miras a la internacionalización de la economía

colombiana y de proteger los ingresos de los productores frente a "las distorsiones derivadas de los mercados externos".

En 2008 se construyó una línea base (LB) con información muestral para un universo representado por 33.369 productores agropecuarios que se beneficiaron del programa en el periodo enero-mayo de 2008, y en 2010 se recolectó la información de seguimiento. El resultado fue un conjunto de información disponible para 6.709 productores de los cuales 2.250 eran beneficiarios del programa en alguna de sus líneas en 2008 y 4.459 eran controles, mientras que para el año 2010 se incluyeron 5.922 productores, con 1.865 beneficiarios y 4.057 controles.

El diseño de la muestra incluyó las áreas más representativas e importantes del sector agropecuario en el país, cubriendo 25 departamentos. Para tal fin, se utilizaron los datos del Marco de Áreas de la Encuesta Nacional Agropecuaria construido en un proceso de más de 10 años con base en información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y otras entidades públicas y privadas. Las áreas de la Encuesta Nacional Agropecuaria delimitan las grandes regiones naturales del país, dividiéndolo en Unidades Primarias de Muestreo (UPM) y caracterizándolas con el piso térmico, el tipo de cultivos predominantes, y la intensidad del uso del suelo, además del tamaño de los predios.

En lo que respecta a la selección de los tratamientos (beneficiarios) y los controles (no beneficiarios) incluidos dentro de la muestra, los tratados son escogidos de manera probabilística por conglomerados estratificados. Por otro lado, los controles fueron escogidos de manera no probabilística, en particular por pareo dirigido a productores ubicados en los mismos municipios de la muestra de tratamientos o municipios vecinos con características observables similares a los de los productores tratados.

Con el fin de captar posibles externalidades espaciales derivadas del programa sobre unidades productivas no beneficiarias próximas a productores tratados, los controles fueron divididos en dos grupos: (i) control cercano y (ii) control distante.

Se define como control cercano a un productor que: (1) se encuentra ubicado en el mismo municipio y vereda que uno de los productores que componen la muestra de tratamiento; (2) que sea similar en términos de tamaño, producto y extensión de la propiedad entre otros; y (3) que conozca e interactúe con el productor tratado. Por su parte, los controles distantes cumplen las mismas condiciones que los controles cercanos a diferencia que estos no conocen ni interactúan con alguno de los productores que están recibiendo el tratamiento.

La Tabla 1 desagrega la muestra de base de datos de AIS por tamaños de productores de acuerdo al valor de los activos en el momento de acceso al programa[6].

[6] Con el fin de cruzar este criterio con el criterio basado en el tamaño de las Unidades de Producción Agropecuarias (UPAs), se tomaron 20 municipios de la muestra de manera aleatoria y se clasificaron por tamaños de acuerdo a las definiciones dadas por el Decreto 1133 de 2013. Se encontró que el 96.6% de los

TABLA 1. MUESTRA DE BASE DE DATOS AIS POR TAMAÑO DE PRODUCTORES

Tamaño	Beneficiarios		Controles	
	LB (2008)	Seguimiento (2010)	LB (2008)	Seguimiento (2010)
Pequeños	1,441	1,181	3,649	3,214
Medianos	610	512	724	702
Grandes	199	172	86	141
Total	2,250	1,865	4,459	4,057

Fuente: Unión Temporal Econometría Consultores – SEI.

La información que se utilizó para la estimación corresponde a una muestra compuesta de 1.113 productores (2.026 observaciones), que constituyen un panel de datos balanceado[7], y que cumplen de manera simultánea las siguientes tres condiciones:

i. Tienen Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs) que reportan, como producto principal, el que corresponde al grupo de interés.
ii. Son UPAs que se mantuvieron en la muestra para ambos periodos.
iii. Son UPAs que reportaron haber obtenido producción para el periodo.

La Tabla 2 describe los cinco grupos de productos para los cuáles se hizo el ejercicio, y los productos que hacen parte de cada grupo especificando la participación de cada producto en cada grupo de acuerdo al número de productores.

La Tabla 3 desagrega esta muestra por grupos de productos y por tamaños de productores. En particular, se definen tres clasificaciones con base en el área destinada por la UPA a la actividad productiva de interés. La primera clasificación incluye todos aquellos productores que dedican 10 o menos hectáreas a la actividad de interés, la segunda más de 10 y menos de 20 hectáreas y finalmente los que dedican más de 20 hectáreas.

Se observa que para todos los grupos de productos a excepción de la Ganadería de leche, los productores que dedican 20 hectáreas o menos a la actividad productiva de interés representan más del 90% de la muestra. En especial, para los grupos de Básicos y Transformables, los productores que dedican 10 o menos hectáreas a la actividad productiva de interés representan el 97% y 94% de la muestra respectivamente. Como era de esperarse, el grupo de ganadería de leche es el que tiene mayor participación de productores que dedican 20 hectáreas o más a esta actividad (30.5%).

---

productores que se consideraron pequeños bajo el criterio aplicado en AIS, también lo eran bajo el criterio de tamaño de las UPAs.

[7] Aunque la metodología empírica utilizada en este informe permite obtener estimaciones para paneles desbalanceados, este procedimiento tiene implicaciones sobre la eficiencia de los estimadores obtenidos.

TABLA 2. GRUPOS DE PRODUCTOS: COMPOSICIÓN POR PRODUCTOS*

Transformables	Básicos	Frutales	Ganadería de leche	Café
Caña (44.5)	Plátano (32.7)	Mora (15.3)		
Cacao (39.9)	Maíz (27.7)	Aguacate (10.4)		
Tabaco (7.3)	Yuca (14.4)	Naranja (8.0)		
Fique (4.2)	Frijol (12.9)	Limón (7.9)		
Trigo (1.6)	Papa (12.3)	Mango (7.6)		
Caucho (1.3)	Ñame (0.1)	Banano (7.4)		
Algodón (1.1)		Guayaba (7.3)		
		Maracuyá (6.3)		
		Mandarina (5.1)		
		Piña (4.1)		
		Lulo (3.8)		
		Curuba (3.4)		
		Granadilla (2.5)		
		Pera (2.0)		
		Otros**		

*En paréntesis se muestra la participación del producto en el grupo (% de productores)

** Con participación individual menor a 2%: uva, guanábana, ciruela, durazno, papaya, pitaya y arazá.

Por lo tanto, se puede afirmar que el conjunto de productores utilizados para la realización del ejercicio de frontera estocástica y determinantes de la ineficiencia técnica, son bastante homogéneos en términos del tamaño de área dedicada a la actividad principal (de interés) con una participación mayoritaria para aquellos productores que dedican 10 o menos hectáreas a la misma.

El Anexo describe la distribución de los productores por departamento para cada uno de los grupos de productos.

TABLA 3. GRUPOS DE PRODUCTOS POR TAMAÑO DE PRODUCTORES

	10 hectáreas o menos	Entre 10 y 20 hectáreas	Más de 20 hectáreas
Transformables	89.3%	3.6%	7.1%
Básicos	97.5%	1.4%	1.1%
Frutales	94.1%	1.0%	4.9%
Café	92.4%	4.1%	3.6%
Ganadería de Leche	55.6%	14.0%	30.5%

Fuente: Cálculos propios.

3. El Modelo y resultados

La especificación del modelo requiere establecer tanto las variables que hacen parte de la frontera de producción estocástica, de cuya estimación se deriva el cálculo de las brechas tecnológicas o niveles relativos de ineficiencia, como las variables que estarían asociadas con dichas brechas de eficiencia.

En este estudio se incluyen como argumentos de la frontera de producción los factores e insumos que entran en el proceso productivo y cuya utilización depende de decisiones óptimas de los productores, al tiempo que se incluyen como determinantes de los niveles de eficiencia un conjunto de variables de entorno productivo (disponibilidad de agua, calidad de la tierra o cantidad de lluvia), variables de política (acceso a material genético mejorado, acceso a crédito, asistencia técnica y capacitación), y variables vinculadas a la asociatividad como acuerdos para la comercialización de los productos o la coordinación entre los productores en la etapa de siembra.

Hay una discusión no zanjada aún en la literatura entre las variables que se deben incluir en la estimación de la frontera estocástica de producción, y las variables que se deben incluir como determinantes. Aunque desde un concepto de eficiencia ligada exclusivamente a temas de gestión empresarial las variables de entorno deberían ser incluidas en la función de producción, dichas variables no tienen obviamente el mismo carácter que los insumos sobre los cuáles los productores toman decisiones óptimas. En este caso se plantea por lo tanto una distinción sutil entre "eficiencia" y "productividad" y de factores que afectan la productividad pero no la eficiencia[8]. Para propósitos prácticos, este problema es mitigado en la metodología que se utiliza en este estudio en dos sentidos: 1) como se indicó en la Sección 1, la metodología de Battese y Coelli (1995) hace una estimación conjunta de la frontera estocástica y de los determinantes de la ineficiencia; 2) los resultados que arroja la estimación son informativos desde el punto de vista de la política ya que permite ver hasta qué punto las variables de política pueden compensar o no la existencia de variables de entorno adversos.

a. Especificación de la Frontera de Producción Estocástica

Para la estimación de fronteras de producción estocástica se utilizan dos formas funcionales para la ecuación correspondiente al modelo de producción[9]:

[8] Como lo señala Coelli et al (2010), el contexto de producción puede influenciar la habilidad de un productor para convertir insumos en productos, por lo que estas variables de contexto deben ser introducidas dentro del modelo ya que su omisión podría tener efectos sobre los estimadores obtenidos (Shee y Stefanou, 2014).

[9] La posibilidad de usar la función Translog (TL) depende del número de observaciones disponibles, dado el gran número de parámetros que deben ser estimados. En el caso de algunos grupos de productos, el tamaño de muestra no permite dicha estimación y sólo se utilizó la función Cobb-Douglas.

$$\ln producto_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln área_{it} + \beta_2 \ln trabajo_C_{it} + \beta_3 \ln trabajo_H_{it} + ... \\ ... + \beta_4 \ln Insumos_{it} + \beta_4 \ln Maquinaria_{it} + v_{it} - u_{it} \quad [7]$$

$$\ln producto_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln área_{it} + \beta_2 \ln trabajo_C_{it} + \beta_3 \ln trabajo_H_{it} + \beta_4 \ln Insumos_{it} + \beta_5 \ln Maquinaria_{it} + ... \\ + \beta_6 (\ln área)^2_{it} + \beta_7 (\ln trabajo_C)^2_{it} + \beta_8 (\ln trabajo_H)^2_{it} + \beta_9 (\ln Insumos)^2_{it} + \beta_{10} (\ln Maquinaria)^2_{it} + ... \quad [8] \\ + \Pr oductos\ cruzados\ de\ todos\ los\ factores\ de\ producción + v_{it} - u_{it}$$

La ecuación [7] representa la log-linealización de la función de producción Cobb-Douglas y la ecuación [8] la función de producción flexible Translogarítmica (Translog). La Tabla 4 contiene la definición de cada una de las variables que hacen parte de la especificación de la frontera de producción estocástica[10].

TABLA 4. VARIABLES DEL MODELO DE FRONTERA

Variable	Definición
Producto*	Producción en kilogramos reportada por la UPA.
Área	Área utilizada en el proceso de producción medida en hectáreas.
Insumos	Pagos monetarios por los diferentes insumos utilizados en el proceso de producción medidos en pesos colombianos de 2010.
Maquinaria	Pagos monetarios por la maquinaria utilizada en el proceso de producción medidos en pesos colombianos de 2010.
Trabajo_H	Trabajo familiar medido en días hombre, utilizado en el proceso de producción.
Trabajo_C	Trabajo contratado medido en días hombre, utilizado en el proceso de producción.

*Para el caso de ganadería de leche el producto corresponde al número de litros de leche obtenido. Para este producto también se incluye el número de vacas lecheras como factor de producción.

Todas las variables medidas en logaritmos.

b. Especificación de los determinantes de la ineficiencia técnica

Como se indicó, como determinantes de la ineficiencia técnica se incluyen diferentes variables, que se pueden agrupar en cinco grupos:

(i) Variables del hogar asociado con la UPA, específicamente el sexo del jefe del hogar.

[10] No existe en la literatura un consenso acerca de las unidades en las que se debe establecer cada uno de las variables introducidas en el modelo de la frontera de producción. La agregación aquí expuesta coincide en gran medida con la que utilizan Perdomo y Hueth (2011), con diferencias en la variable de insumos la cual se aproxima más a trabajos como el de Battese (1989) y Solís et. al. (2009).

(ii) Variables de entorno que probablemente afectan la eficiencia técnica pero que no constituyen directamente variables de política o características del hogar. Ellas son: disponibilidad de agua, calidad de la tierra y cantidad de lluvia.

(iii) Variables vinculadas con asistencia técnica y capacitación: entre ellas están el acceso a material genético mejorado, la asistencia técnica y el acceso a crédito previo (para diferenciarlo del acceso al crédito implicado por el propio programa de AIS).

(iv) Variables relacionadas con asociatividad, en particular coordinación con productores y/o comercializadores para la producción, y acuerdos para comercialización de los productos.

(v) Adicionalmente se incluyen variables de acceso a servicios básicos, disponibilidad de agua e infraestructura como la existencia de beneficiadero en el caso de café. Finalmente, se incluyen variables dicótomas regionales.

La definición de cada una de estas variables se encuentra en la Tabla 5.

TABLA 5. VARIABLES DEL MODELO DE INEFICIENCIA TÉCNICA

Grupo	Variable	Definición
Hogar	Sexo jefe	Toma el valor de 1 para aquellos hogares con jefatura masculina.
Contexto	Disponibilidad de agua	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan tener agua corriente o de pozo *suficiente o adecuada* para los cultivos o productos principales que desarrolla en su UPA.
	Calidad de la tierra	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan que la calidad de la tierra para los cultivos o productos principales que desarrollan en su UPA es excelente o buena.
	Cantidad de lluvia	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan que la cantidad de lluvia en los momentos requeridos fue suficiente o adecuada.
Asistencia y capacitación	Material genético	Toma el valor de 1 para las UPAs que reportan haber comprado o recibido algún material genético o insumo especial o mejorado.
	Asistencia técnica	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan haber tenido algún tipo de asistencia técnica durante el último año.
	Asistencia técnica previa	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan haber tenido algún tipo de asistencia técnica durante los últimos 24 meses diferente a la señalada por la variable anterior.
	Credito previo	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan haber tenido acceso a algún tipo de crédito previo al programa AIS.
	Capacitación	Toma el valor de 1 para las UPA´s que reportan que por lo menos alguno de sus trabajadores frecuentes recibió capacitación durante el último año.
Asociatividad e infraestructura	Acuerdos	Toma el valor de 1 para las UPA´s que reportan tener acuerdos o contratos para la venta de sus productos.
	Coordinación	Toma el valor de 1 para las UPA´s que reportan coordinarse con otros productores y/o comercializadores para el proceso de siembra.
	Beneficiadero	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan tener dentro de su estructura un beneficiadero.
	Acceso servicios	Toma el valor de 1 para las UPA's que reportan tener acceso a servicios básicos para el procesamiento de sus productos.

* Se incluyen variables dicotómicas para identificar las UPAs ubicadas en las regiones Caribe, Pacífica, Orinoquía, Amazonía y Andina.

La Tabla 6 muestra el valor promedio de las variables explicativas del modelo de ineficiencia para los diferentes grupos de productos.

Se observa que no hay grandes diferencias entre los grupos de productos con respecto al sexo del jefe del hogar (entre el 71% y el 78% de los hogares tienen jefatura masculina), calidad de la tierra (entre 73% y 85% reportan tener acceso a tierra de buena o excelente calidad), y cantidad de lluvia (alrededor del 40% reportan lluvia en cantidades adecuadas o suficientes, aunque en el caso de café es de sólo 31%). Las condiciones promedio también son similares en el caso de acceso previo a crédito (entre el 64% y el 73% de los productores), disponibilidad de agua (entre 54% y 68%), uso de material genético (entre 11% y 20% de los productores), asistencia técnica previa donde los

porcentajes de acceso son bastante bajos (entre 3% y 13%, éste último caso para café), y coordinación con productores o comercializadores para el proceso de siembra (entre 23% y 29% reportaron tener este tipo de coordinación).

TABLA 6. DETERMINANTES DE LA EFICIENCIA TÉCNICA - ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

	Transformables		Básicos		Frutales		Ganadería de leche		Café	
Variable	**Media**	***S.D.***	**Media**	***S.D.***	**Media**	***S.D.***	**Media**	***S.D.***	**Media**	***S.D***
Sexo jefe	0,74	*0,44*	0,78	*0,42*	0,71	*0,45*	0,74	*0,44*	0,76	*0,43*
Disponibilidad de agua	0,67	*0,47*	0,60	*0,49*	0,68	*0,47*	0,54	*0,50*	0,64	*0,47*
Calidad de la tierra	0,79	*0,41*	0,73	*0,45*	0,85	*0,36*	0,64	*0,48*	0,83	*0,38*
Cantidad de lluvia	0,45	*0,50*	0,43	*0,50*	0,40	*0,49*	0,42	*0,49*	0,31	*0,46*
Material genético	0,18	*0,38*	0,14	*0,35*	0,11	*0,32*	0,20	*0,40*	0,17	*0,38*
Asistencia técnica	0,44	*0,50*	0,29	*0,45*	0,38	*0,49*	0,36	*0,48*	0,49	*0,50*
Asistencia técnica previa	0,08	*0,26*	0,05	*0,22*	0,06	*0,24*	0,03	*0,18*	0,13	*0,34*
Crédito previo	0,69	*0,46*	0,64	*0,48*	0,71	*0,45*	0,72	*0,45*	0,73	*0,45*
Capacitación	0,39	*0,49*	0,28	*0,45*	0,23	*0,42*	0,26	*0,44*	0,19	*0,39*
Acuerdos	0,22	*0,41*	0,22	*0,41*	0,25	*0,43*	0,35	*0,48*	0,17	*0,37*
Coordinación	0,26	*0,44*	0,23	*0,42*	0,29	*0,45*	0,26	*0,44*	0,26	*0,44*
Acceso servicios	0,36	*0,48*	0,19	*0,39*	0,21	*0,41*	0,14	*0,34*	0,68	*0,47*
Venta comercializador					0,11	*0,32*				
Beneficiadero									0,40	*0,49*

* Para la descripción de los productos en cada grupo ver Tabla 2.

Fuente: cálculos propios con base en datos de AIS.

Las diferencias son mayores en el caso de asistencia técnica donde los menores porcentajes de acceso están en productos básicos (29%) y los mayores en café (49%). En acceso a capacitación sobresale el grupo de transformables (39%), y curiosamente el menor es en café (19%). Este último sector, sin embargo, se destaca por el acceso a servicios básicos para el procesamiento de los productos (68%).

En acuerdos de venta sobresale el sector de ganadería de leche (35% de los productores reportaron tener acuerdos o contratos para la venta de los productos).

A pesar de las similitudes y diferencias entre los grupos de productos, el hecho más destacable, es quizás, la alta dispersión en la muestra: las desviaciones estándar son significativamente altas en todos los casos, lo que significa que las medias de las variables no reflejan adecuadamente la situación de los productores en términos de las variables explicativas de la ineficiencia. Este hecho se verá reflejado en los resultados de las estimaciones de la eficiencia técnica y de la distribución de los productores por niveles de eficiencia relativa, como se verá en la siguiente sección.

c. Resultados

El Gráfico 1 muestra la media de la eficiencia técnica para cada uno de los grupos (usando la especificación Cobb-Douglas), así como la dispersión de la eficiencia. En este caso la línea muestra los rangos de eficiencia relativa que se encuentra dentro de una desviación estándar por encima y por debajo de la media.

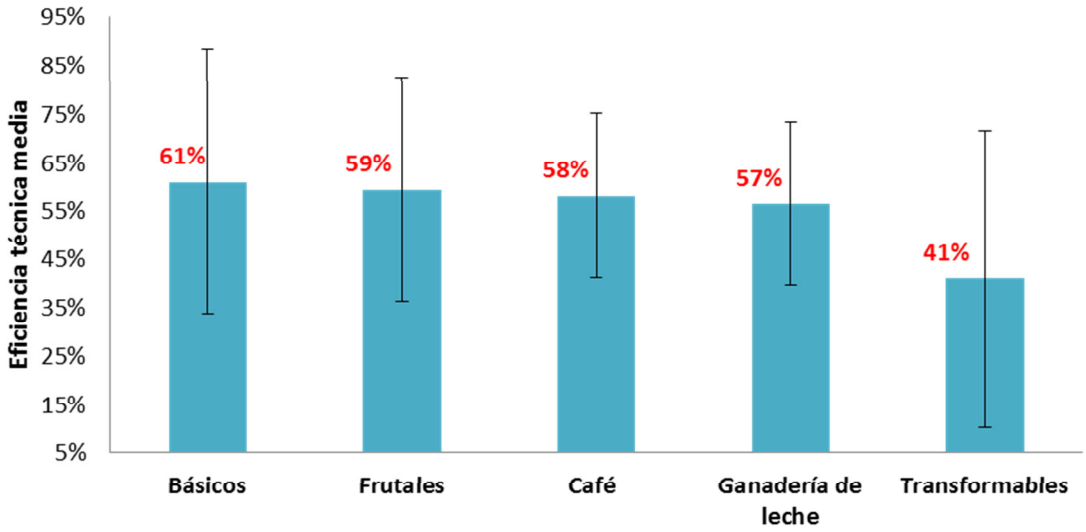
Como se observa, para cuatro de los cinco grupos la eficiencia promedio se encuentra entre 57% y 61% con respecto a la frontera de eficiencia. En el caso de productos transformables[11] los niveles de eficiencia relativa son significativamente menores (41%).

Los productos transformables son también los que tienen la mayor dispersión en términos de eficiencia: en una desviación estándar en torno a la media se encuentran productores con niveles de eficiencia relativa entre 10% y 75%. El grado de dispersión de los niveles de eficiencia es también alto en la producción de productos básicos, donde los rangos de eficiencia en torno a la media (una desviación estándar) están entre 35% y 90%. La dispersión relativa de los niveles de eficiencia son menores en café y ganadería de leche[12].

De otro lado, la Tabla 7 muestra los resultados de la estimación de los determinantes de los niveles de ineficiencia por grupos de productos. Es importante resaltar que los estimadores obtenidos se interpretan con respecto a la ineficiencia técnica, es decir, un signo negativo se interpreta como una asociación negativa entre el determinante y la ineficiencia técnica, de tal manera que un mayor nivel de este determinante está relacionado con un menor nivel de ineficiencia técnica.

[11] Incluyen principalmente caña y cacao, y en menor medida tabaco, fique, trigo, acucho y algodón.
[12] Estos dos productos son más homogéneos en la medida en que se refieren al mismo producto si bien puede haber diferencias en términos de variedades o regiones.

GRÁFICO 1. EFICIENCIA TÉCNICA MEDIA Y DISPERSIÓN DE LA EFICIENCIA POR GRUPO DE PRODUCTOS*



* Para la descripción de los productos en cada grupo ver Tabla 2.
Fuente: Cálculos Fedesarrollo.

A continuación se hace un análisis de los principales resultados:

El signo de la variable *sexo del jefe de hogar* sugiere que los niveles de ineficiencia tienden a ser menores en hogares donde el jefe de hogar es hombre. Sin embargo, esta asociación es significativa solamente en el caso de transformables y de café. El coeficiente es positivo (mayor ineficiencia asociada con jefatura del hogar masculina) en frutales, pero no es estadísticamente significativo.

Las variables "de entorno" contribuyen a reducir la medida de ineficiencia, como se esperaría: la *calidad de la tierra* está negativamente asociada a la medida de ineficiencia en el caso de productos básicos y ganadería de leche, y la *cantidad de lluvia* ("adecuada" en concepto de los productores) reduce la distancia a la frontera de eficiencia en la producción de transformables, básicos y café. En el caso de frutales el signo estadísticamente significativo, pero en dirección contraria a la esperada.

Entre los componentes de asistencia técnica y capacitación, el *acceso a material genético* contribuye a reducir la ineficiencia técnica en transformables, básicos y ganadería de leche. El acceso a *asistencia técnica* durante el período o a la *asistencia técnica previa* contribuye a reducir la ineficiencia en todos los grupos de productos con la excepción de frutales donde los signos van en dirección contraria a la esperada pero no son significativos.

Con respecto a las variables de asociatividad, la existencia de *acuerdos o contratos* para la venta de los productos, o de *acuerdos de coordinación* con otros productores y/o comercializadores para el proceso de siembre contribuyen a reducir la ineficiencia en todos los grupos de productos. En el caso de frutales, las *ventas a comercializadores* también tienen un rol significativo en la reducción de la ineficiencia técnica.

TABLA 7. MODELO DE DETERMINANTES DE LOS NIVELES DE INEFICIENCIA TÉCNICA

Variable	Transformables	Básicos	Frutales	Café	Ganadería de leche
Sexo jefe	**-0.377***	-0.148	0.245	**-0.125***	-2.067
	(0.204)	(0.274)	(0.270)	(0.068)	(1.587)
Disponibilidad de agua	0.224	-0.407	**-0.523****	-0,012	0.950
	(0.192)	(0.253)	(0.219)	(0.124)	(1.525)
Calidad de la tierra	0.140	**-0.382***	-0.375	-0,024	**-3.578****
	(0.203)	(0.216)	(0.321)	(0.111)	(1.757)
Cantidad de lluvia	**-0.388****	**-0.306***	**0.587****	**-0.230****	1.921
	(0.159)	(0.171)	(0.232)	(0.109)	(1.416)
Material genético	**-0.667*****	**-1.671*****	-0.101	0,081	**-5.746****
	(0.191)	(0.617)	(0.399)	(0.123)	(2.456)
Asistencia técnica	-0.086	**-0.487*****	0.152	0,021	**-3.194***
	(0.203)	(0.206)	(0.252)	(0.1)	(1.901)
Asistencia técnica previa	**-0.683*****	0.586	0.380	**-0.253***	2.364
	(0.259)	(0.506)	(0.477)	(0.140)	(2.630)
Crédito previo	**-0.400****	-0.097	0.241	**-0.219***	**-3.628****
	(0.170)	(0.256)	(0.258)	(0.123)	(1.481)
Capacitación	**-0.476*****	0.379	**-0.850****	0,023	-0.769
	(0.175)	(0.324)	(0.360)	(0.125)	(1.878)
Acuerdos	**-0.476****	-0.025	**-0.626***	0,081	**-5.341*****
	(0.242)	(0.311)	(0.356)	(0.129)	(1.881)
Coordinación	0.243	**-0.733***	-0.200	**-0.544*****	-0.721
	(0.191)	(0.415)	(0.278)	(0.155)	(2.072)
Acceso servicios	0.029	0.273	-0.397	**-0.656*****	-3.384
	(0.167)	(0.272)	(0.366)	(0.136)	(2.861)
Venta a comercializador			**-1.274****		
			(0.564)		
Beneficiadero				**-0.219***	
				(0.122)	

* Para la descripción de los productos en cada grupo ver Tabla 2.

Finalmente el *acceso a servicios básicos* está asociado con menores niveles de ineficiencia en el caso del café, al igual que la existencia de *beneficiaderos*. Dentro de este grupo de variables, la disponibilidad de agua reduce los niveles de ineficiencia de manera estadísticamente significativa en el caso de frutales.

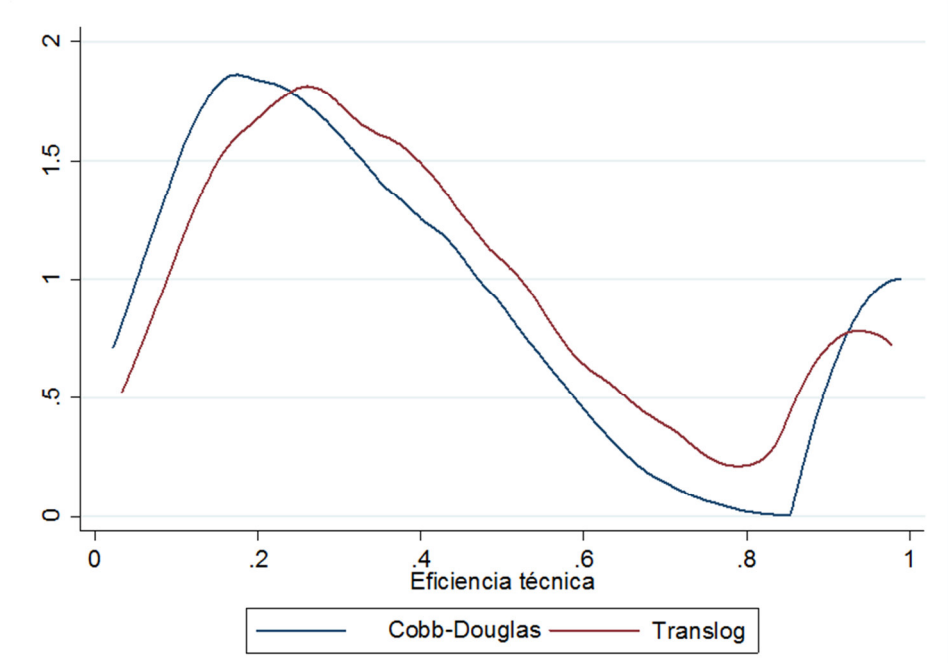
A continuación se presentan algunos resultados adicionales por grupos de productos especificando en cada caso la estimación de los niveles promedio de eficiencia técnica y la distribución de los productores por rangos de eficiencia.

i. Transformables[13]

Como se muestra en el Anexo, los departamentos con mayor presencia de productores de productos transformables son Santander, Boyacá y Nariño que comprenden el 48% de la muestra.

El Gráfico 2 muestra las distribuciones y estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia así como la distribución de la ineficiencia técnica por rangos.

GRÁFICO 2. TRANSFORMABLES: DISTRIBUCIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA*



Especificaciones	Observaciones	Media	S.D.	Min	Max
Cobb-Douglas	886	0.410	0.306	0.022	0.989
Translog	886	0.423	0.268	0.033	0.978

[13] Incluyen caña, caco, tabaco, fique, trigo, fríjol, y algodón (ver Tabla 2).

Eficiencia técnica	Cobb-Douglas	Translog
Mayor a 75%	17.8%	13.7%
Entre 50% y 75%	10.2%	14.6%
Entre 25% y 50%	37.6%	44.9%
Menor a 25%	34.4%	26.9%

La distribución de la eficiencia técnica relativa muestra una característica bimodal, donde el 18% de los productores (en la estimación Cobb-Douglas) se encuentran en el rango mayor al 75% de eficiencia. La mayor parte de los productores (72%), sin embargo, se ubican en rangos de eficiencia inferiores al 50%[14].

ii. Productos Básicos[15]

Como se muestra en el Anexo, los departamentos con mayor presencia de productores de productos básicos son Nariño, Antioquia y Boyacá que comprenden el 40% de la muestra.

El Gráfico 3 muestra las distribuciones y estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia así como la distribución de la ineficiencia técnica por rangos.

También en este caso, la distribución de la eficiencia técnica relativa muestra una característica "bimodal", pero con una mayor participación de los productores en el nivel de eficiencia alta. En efecto, el 43% de los productores (en la estimación Cobb-Douglas) se encuentran en el rango mayor al 75% de eficiencia. De hecho, alrededor de 60% de los productores se encuentra en los rangos mayores al 50% para la especificación Cobb-Douglas con un número mayor (73%) para el caso de la Translog[16].

iii. Frutales[17]

Los departamentos con mayor presencia de productores de frutales son Santander, Magdalena, Boyacá y Tolima que comprenden el 44% de la muestra (ver Anexo).

---

[14] Para estimaciones de eficiencias técnicas medias y sus determinantes en la producción de cacao en Camerún, Ghana y Nigeria ver Binam et al (2008). Oren y Alemda (2006) estiman la eficiencia técnica media para la producción de tabaco en la península de Anatolia.

[15] Incluyen plátano, maíz, yuca, fríjol, papa y ñame (ver Tabla 2).

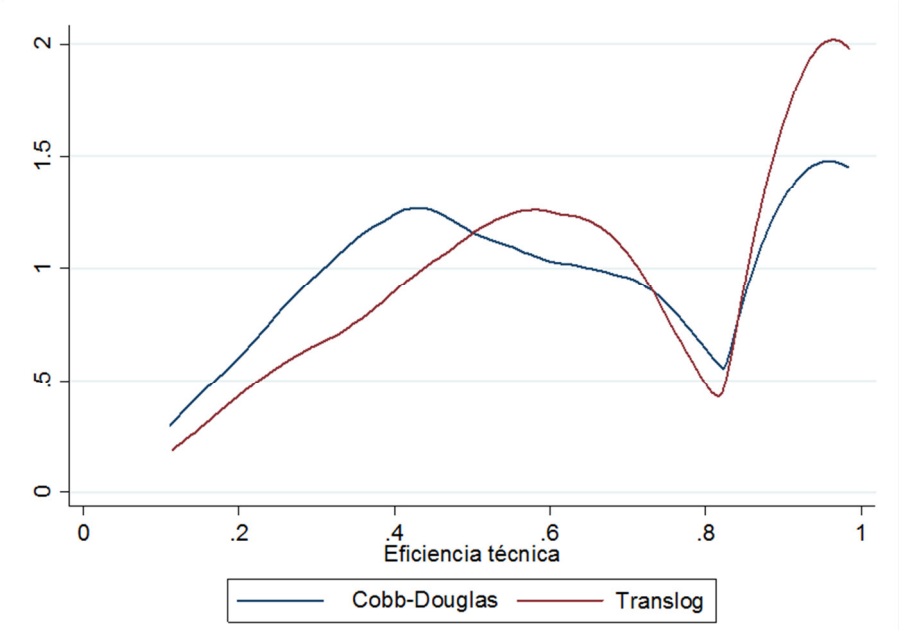
[16] Bonabona-Wabbi et al (2009) estiman la eficiencia técnica media y sus determinantes para la producción de papa en Uganda y Salau et al (2012) para la producción de maíz en Nigeria. Sibiko et al (2013) lo hacen para la producción de frijol en el sur de Uganda.

[17] Incluyen principalmente mora, aguacate, naranja, limón, mango, banano, guayaba, maracuyá, mandarina, piña, lulo, curuba, granadilla y pera (ver Tabla 2).

El Gráfico 4 muestra la distribución y estadísticas descriptivas de la medida de eficiencia así como la distribución de la ineficiencia técnica por rangos.

La distribución de la eficiencia técnica relativa muestra una forma irregular donde el 31% de los productores se encuentran en el rango mayor al 75% de eficiencia. Por otro lado, el 34% de los productores se encuentran por debajo del 50% de ineficiencia técnica[18].

GRÁFICO 3. BÁSICOS: DISTRIBUCIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA



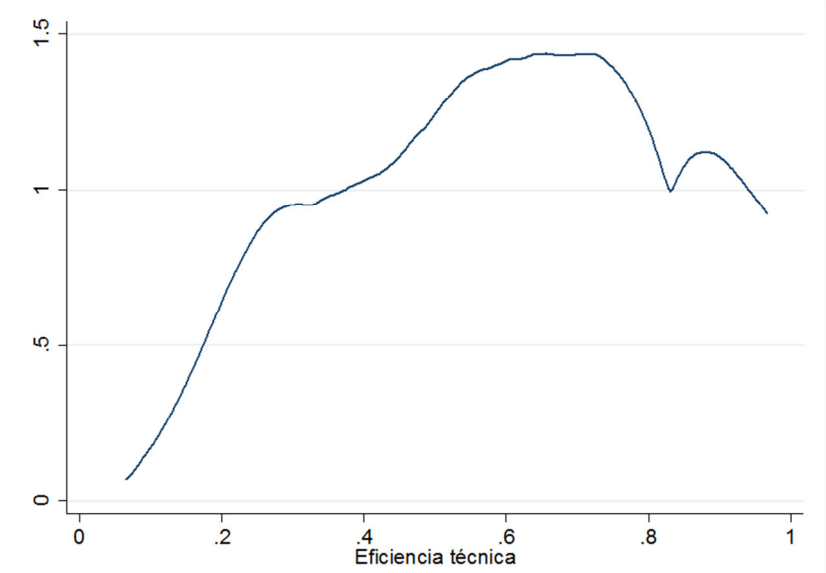
Especificaciones	Observaciones	Media	S.D.	Min	Max
Cobb-Douglas	638	0.617	0.274	0.106	0.983
Translog	638	0.687	0.258	0.115	0.984

Eficiencia técnica	Cobb-Douglas	Translog
ET>=75	42.6%	42.5%
ET>=50 & ET<75	17.6%	30.9%
ET>=25 & ET<50	30.4%	20.5%
ET>0 & ET<25	9.4%	6.1%

* Para la descripción de los productos en cada grupo ver Tabla 2.

[18] Dehibi et al (2007), estima la eficiencia en la producción de cítricos en Túnez. Hassine (2007) estudia la eficiencia técnica en la producción de frutas para España, Egipto y Argelia.

GRÁFICO 4. FRUTALES: DISTRIBUCIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA



Especificaciones	Observaciones	Media	S.D.	Min	Max
Cobb-Douglas	694	0.594	0.231	0.067	0.955

Eficiencia técnica	Cobb-Douglas
ET>=75	31%
ET>=50 & ET<75	35%
ET>=25 & ET<50	26%
ET>0 & ET<25	8%

* Para la descripción de los productos en cada grupo ver Tabla 2.

iv. Café

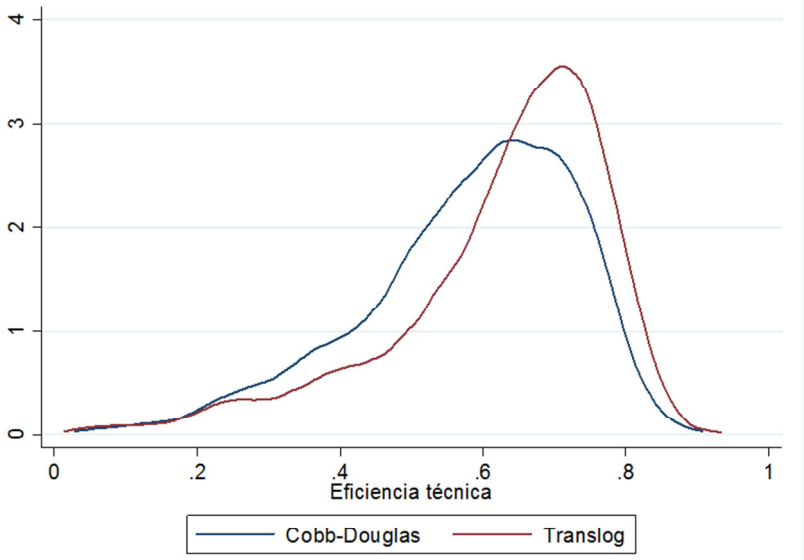
Los departamentos con mayor presencia de productores cafeteros son Huila, Nariño y Antioquia que comprenden el 48% de la muestra (ver Anexo).

El Gráfico 5 muestra las distribuciones y estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia así como la distribución de la ineficiencia técnica por rangos.

Se puede observar que a diferencia de los otros grupos, la forma de la distribución es mucho más suave y para ambos casos (Cobb-Douglas y Translog) se encuentra concentrada alrededor del 60%.

En particular, para ambas especificaciones, cerca del 62% de los productores se encuentran en el rango de eficiencia técnica entre el 50 y el 75%[19].

GRÁFICO 5. CAFÉ: DISTRIBUCIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA



Variable	Observaciones	Media	S.D.	Min	Max
Cobb-Douglas	2026	0.582	0.169	0.044	0.902
Translog	2026	0.605	0.170	0.019	0.934

Eficiencia técnica	Cobb-Douglas	Translog
ET>=75	5.8%	5.6%
ET>=50 & ET<75	61.5%	63.9%
ET>=25 & ET<50	28.4%	26.5%
ET>0 & ET<25	4.3%	4.0%

* Para la descripción de los productos en cada grupo ver Tabla 2.

Los anteriores resultados sugieren, por lo tanto, que existe ineficiencia técnica en la producción cafetera colombiana. El productor promedio presenta una eficiencia relativa de alrededor de 60% con respecto al productor más eficiente, señalando que existe espacio para una ampliación productiva en el sector sin necesidad de introducir un cambio tecnológico significativo[20].

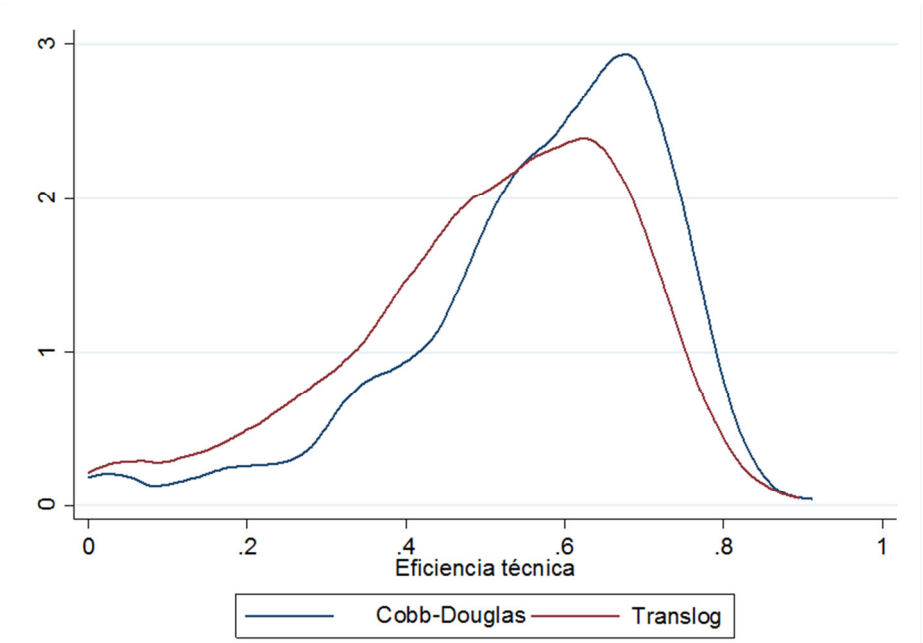
[19] Quoc Ho et al (2014) estiman la eficiencia técnica en la producción cafetera en Vietnam y sus determinantes. Staacke at al (2012) comparan la eficiencia técnica de los productores tradicionales de café y de los productores de café orgánico en Nicaragua.

[20] Este resultado coincide con los hallazgos de Perdomo y Hueth (2011) para la producción cafetera en Colombia, pero difiere en la magnitud: la eficiencia técnica del pequeño productor promedio estimada por

v. Ganadería de leche

Como se muestra en el Anexo, los departamentos con mayor presencia de productores de ganadería de leche son Boyacá, Antioquia y Cundinamarca que comprenden el 45% de la muestra. El Gráfico 2 muestra las distribuciones y estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia así como la distribución de la ineficiencia técnica por rangos[21].

GRÁFICO 6. GANADERÍA DE LECHE: DISTRIBUCIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA



Especificaciones	Observaciones	Media	S.D.	Min	Max
Cobb-Douglas	1487	0.565	0.169	0.000	0.911
Translog	1487	0.505	0.179	0.000	0.895

Eficiencia técnica	Cobb-Douglas	Translog
ET>=75	8.3%	4.8%
ET>=50 & ET<75	64.5%	52.9%
ET>=25 & ET<50	21.4%	32.5%
ET>0 & ET<25	5.8%	9.8%

estos autores es de alrededor de 70%. La diferencia con respecto al resultado obtenido en este informe se puede explicar por la dimensión de panel con la que se cuenta en este caso, a lo que se le suma que la muestra es mucho más heterogénea en términos de localización de los productores, mientras que el estudio de Perdomo y Hueth (2011) se concentra en los productores de café de la Región Cafetera.

[21] Moreira López et al (2006) estima la eficiencia técnica en la ganadería de leche en Argentina, y Kirner et al (2007) en la ganadería de leche en Austria. Uzmay et al (2009) estudian los determinantes de la eficiencia técnica en la producción de leche.

4. Conclusiones

En este estudio se estimaron las medidas de eficiencia técnica en la producción de diferentes bienes agrícolas y en la producción de leche en Colombia a partir de la estimación de fronteras de producción estocásticas. Así mismo, se identificó la posible asociación entre los niveles de eficiencia y un conjunto de variables de entorno productivo (disponibilidad de agua, calidad de la tierra y cantidad de lluvia), variables de política (acceso a material genético mejorado, acceso a crédito, asistencia técnica y capacitación), y variables vinculadas a la asociatividad que incluyen acuerdos para la comercialización de los productos o la coordinación entre los productores en la etapa de siembra.

Para la estimación econométrica se utilizó una muestra de productores que se beneficiaron del programa Agro Ingreso Seguro entre 2008 y 2010.

Con el fin de obviar los problemas econométricos asociados con la estimación de determinantes de la ineficiencia técnica como un proceso en dos etapas, en este estudio se adoptó la metodología de Battese y Coelli (1995) que permite la estimación conjunta del grado de asociación de las variables de interés con las medidas de eficiencia técnica extraídas del modelo de frontera estocástica.

Aunque esta metodología no corrige por posibles sesgos de selección asociados con el diseño y asignación de los beneficios del programa Agro Ingreso Seguro, es adecuada para alcanzar los objetivos del estudio como son la estimación de la eficiencia técnica, y su relación con diversas variables y en particular, con variables de política.

Los resultados muestran que existe un considerable nivel de ineficiencia técnica en la producción agropecuaria en Colombia que va desde 41% de eficiencia promedio con respecto a la frontera en la producción de productos transformables (principalmente caña y cacao), hasta 61% en la producción de productos básicos (plátano, maíz, yuca, fríjol, papa). Por lo tanto, existe un margen considerable para impulsar procesos de expansión productiva ganancias de productividad y con implicaciones en el bienestar de los productores, y que constituirían ganancias tempranas frente a procesos probablemente más complejos asociados con la introducción de cambios tecnológicos significativos (Bravo-Ureta y Pinheiro, 1993).

Este resultado abre campo para el diseño y aplicación de políticas públicas que puedan generar mejoras de eficiencia con intervenciones eficaces en un sentido costo-beneficio.

Los resultados de las variables asociadas con los niveles de eficiencia muestran que, en general, estas varían según el tipo de producto. Sin embargo, se encuentra que el acceso a *asistencia técnica* durante el período o la *asistencia técnica previa* contribuyen a reducir la ineficiencia en todos los grupos de productos con la excepción de frutales donde no se encuentra un efecto significativo. De otro lado, el *acceso a material genético* contribuye a reducir la ineficiencia técnica en transformables, básicos y ganadería de leche.

Con respecto a las variables de asociatividad, la existencia de *acuerdos o contratos* para la venta de los productos, o de *acuerdos de coordinación* con otros productores y/o comercializadores para el proceso de siembre contribuyen a reducir la ineficiencia en todos los grupos de productos. En el caso de frutales, las *ventas a comercializadores* también tienen un rol significativo en la reducción de la ineficiencia técnica.

Finalmente, la magnitud de los coeficientes estimados sugiere que un entorno adverso (baja calidad de la tierra o inadecuada cantidad de lluvias) podría ser "compensada" por variables de política que contribuyan a mejorar la eficiencia de los productores, como las señaladas anteriormente.

Como agenda hacia el futuro, y con miras al diseño de evaluaciones de impacto de diferentes programas que benefician a grupos particulares de productores, como programas de asistencia técnica agropecuaria, capacitación o asociatividad, sería conveniente incorporar las metodologías que combinan técnicas de evaluación de impacto con técnicas de estimación de fronteras estocástica, siguiendo los trabajos de Bravo-Ureta et. al. (2012) y González-Flores at. al. (2014). Los resultados de estos análisis permitirán identificar aquellas intervenciones que son más eficaces para mejorar la productividad y los ingresos de los productores y que deberían ser susceptibles, por lo tanto, de una mayor escalabilidad.

FEDESARROLLO
Centro de Investigación Económica y Social

Bibliografía

Aigner, D., Lovell, C. and Schmidt, P. (1977). "*Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*", Journal of Econometrics, Vol. 6, pp. 21–37.

Aigner, D.J. and SF. Chu, (1968), "*On estimating the industry production function*", American Economic Review 58, 826-839.

Alene, A. (2003), "*Improved production technology and efficiency of smallholder farmers in Ethiopia: Extended parametric and non-parametric approaches to production efficiency analysis*", mimeo

Baltagi, B.H., (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. Wiley, Chichester.

Battese, G. and Coelli, T. (1995) "*A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data*", Empirical Economics, Vol. 20, pp. 325–332.

Battese, G.E. (1992), "*Frontier Production Functions and Technical Efficiency: A Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics*", Agricultural Economics, 7, 185-208.

Battese, G.E. and T.J. Coelli (1995), "*A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data*", Empirical Economics, 20, 325-332.

Battese, G.E., T.J. Coelli and T.C. Colby (1989), "*Estimation of Frontier Production Functions and the Efficiencies of Indian Farms Using Panel Data from ICRISAT's Village Level Studies*", Journal of Quantitative Economics, 5, 327-348.

Binam J.N., Gockwoski J., Nikamelu, G. B., (2008) *"Technical efficiency and productivity potential of cocoa farmers in west african countries*" The Developing economies Volume 46, Issue 3, pages 242–263

Bonabana-Wabbi J, Mugonola B, Ajibo S, Kirinya J, Kato E, Kalibwani R, Kasenge V, Nyanwaro S, Tumwesigye S, Chiuri W, Mugabo J, Fungo B, Tenywa M. (2009). "*Agricultural profitability and technical efficiency: the case of pineapple and potato in SW Uganda*" African Journal of Agricultural and Resource Economics Volume 8 Number 3 pages 145-159

Bravo-Ureta, B. (2014) "*Stochastic frontiers, productivity effects and development projects*", Economics and Business Letters, 3(1), 51-58

Bravo-Ureta, B. and Pinheiro, A. (1993) "Efficiency analysis of developing country agriculture: A review of the frontier function literature", Agricultural and Resource Economics Review, Vol. 22, pp. 88–101.

Bravo-Ureta, B.E. and Rieger, L. (1991). "*Dairy Farm Efficiency Measurement Using Stochastic Frontiers and Neoclassical Duality*". American Journal of Agricultural Economics 73: 421-428

C Staacke, C Bunn, MGB Gomez, P Läderach (2012) "*Efficiency Analysis of Coffee Cultivation: The Case of Smallholder Farming in the Coffee Sector of Nicaragua*". Conference - Resilience of agricultural systems against crises

Coelli, T. J., Rao, P. D., O'Donnell, C. J., Battese, G. E. (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer, 2nd Edition.

de Haen, H.; Runge-Metzger, A. (1989) "*Improvements in efficiency and sustainability of traditional land use systems through learning from farmers' practice*" Quarterly Journal of International Agriculture (EUA). . v. 28(3-4) p. 326-350.

Dhehibi, B., L. Lachaal, M. Elloumi and A. Messaoud. (2007). "*Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: an application on citrus producing farms in Tunisia*". AfJARE 1(2):99–114

Färe, Rolf, S. Grosskopf, and C.A.K. Lovell., (1985) "*The Measurement of Efficiency of Production*" Kluwer Nijhoff Publishing, Boston.
Farrell, M.J. (1957). "*The Measurement of Productive Efficiency*", Journal of the Royal Statistical Society, ACXX(3),253-290.

González-Flores, Mario & Bravo-Ureta, Boris E. & Solís, Daniel & Winters, Paul, 2014. "*The impact of high value markets on smallholder productivity in the Ecuadorean Sierra: A Stochastic Production Frontier approach correcting for selectivity bias*," Food Policy, Elsevier, vol. 44(C), pages 237-247.

Hassine N.B., (2007). "*Technical Efficiency In The Mediterranean Countries Agricultural Sector*," Region et Developpement, Region et Developpement, LEAD, Universite du Sud - Toulon Var, Region et Developpement, LEAD, Universite du Sud - Toulon Var, vol. 25, pages 27-44

Econometría (2011) "*Levantamiento de información y evaluación de los resultados de la ejecución del programa AIS*", Informe Final, Unión temporal Econometría S.A. y S.E.I.

Jondrow, J., C. A. K. Lovell, I. S. Materov and P. Schmidt (1982). "*On the Estimation of Technical Inefficiency in the StochasticFrontier Production Function Model.*" Journal of Econometrics 19, 233-238.

Meeusen, W. and Van Den Broeck, J. (1977). "*Efficiency Estimation from Cobb- Douglas Production Function with Composed Error*", International Economics Review, 18 (2): 435-444

Moreira López, V. H., B. E. Bravo-Ureta, A. Arzubi and E. Schilder. (2006) "*Multi-output Technical Efficiency for Argentinean Dairy Farms Using Stochastic Production Frontiers and Distance Functions with Unbalanced Panel Data*." Economía Agraria 1097-106

Kirner, L., M. Ortner and J. Hambrusch, (2007). "*Using technical efficiency to classify Ausrtian dairy farms*". Die Bodenkultur, Austrian Journal of Agricultural Research, 58: 15-24.

Oren, M.N., and Alemda, T. (2006). "*Technical Efficiency Analysis of Tobacco Farming in Southeastern Anatolia*". Turk J Agric For. Vo. 30, pp 165-172

Perdomo, Jorge Andrés y Hueth, Darrell. "*Funciones de producción, análisis de economías a escala y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica*". Revista Colombiana de Estadística, Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia, 34 (2), 377-402

Pitt, M.M. and Lee, LoF. (1981), "*The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry*", Journal of Development Economics, 9, 43-64.

Quoc Ho T, Yanagida J. F., Illukpitiya P. (2014) *"Factors Affecting Technical Efficiency of Smallholder Coffee Farming in the Krong Ana Watershed, Vietnam"* Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology 3(1): 37-49.

Salau, S.A.; Adewumi, M. O; and Omotesho, O.A (2012). "*Technical Efficiency and Its Determinants at different levels of Intensification among Maize-based Farming Households in Southern Guinea Savanna of Nigeria*".*Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management 5(2):195-206*

Sibiko, K.W., Ayuya, O.I., Gido, E.O. and Mwangi, J.K. (2013). "*An analysis of economic efficiency in bean production: Evidence from Eastern Uganda*". *Journal of Economics and Sustainable Development.* 4(13):2013

Solís, D., B. Bravo-Ureta, and R. Quiroga. (2009). "*Technical efficiency among peasant farmers participating in natural resource management programs in Central America*." J. Agric. Econ. 60:202–219.

Tsionas, E.G. and Kumbhakar, S.C. (2004),"Markov switching stochastic frontier model," Econometrics Journal, 7, 398-425.

Uzmay, A., Koyubenbe, N. and Armagan, G. (2009) "*Measurement of Efficiency Using Data Envelopment Analysis (DEA) and Social Factors Affecting the Technical Efficiency in Dairy Cattle Farms within the Province of Izmir, Turkey*". Journal of Animal and Veterinary Advances, 8 (6) 1110-1115

Anexo

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS PRODUCTORES POR GRUPOS DE PRODUCTOS

Departamento	Café	Ganadería de leche	Frutales[22]	Básicos[23]	Transformables[24]
Antioquia	13.1	10.0	9.1	12.2	2.3
Arauca		5.9	1.4	4.9	7.7
Atlántico		1.5	2.0	0.3	
Bogotá	0.2	0.1			
Bolivar		0.1			
Boyacá	2.8	25.9	9.5	10.5	12.2
Caldas	5.7	0.3	3.3	1.3	1.6
Caquetá		1.2		0.6	0.2
Casanare	0.1	6.4	2.6	8.3	0.7
Cauca	1.4	0.3	4.8	1.9	1.6
Cesár	0.9	5.5	0.3	2.2	1.6
Córdoba		3.2	0.3	1.6	
Cundinamarca	3.5	9.2	8.9	1.3	4.5
Guaviare		0.1			
Huila	19.0	3.0	3.8	0.3	8.4
La Guajira		0.3		0.3	
Magdalena	1.5	3.1	9.8	0.9	1.1
Meta	0.5	4.5	4.3	10.0	5.2
Nariño	15.9	7.9	3.2	16.9	11.3
Norte De Santander	4.5	2.3	2.0	5.2	3.8
Quindío	3.7	0.3	1.3	3.1	
Risaralda	4.2		1.9	2.8	0.9
Santander	9.4	6.9	15.0	6.6	24.6
Sucre		1.1			
Tolima	5.3	0.7	9.5	5.0	7.5
Valle Del Cauca	8.4	0.7	7.1	3.8	5.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

[22] Incluyen principalmente mora, aguacate, naranja, limón, mango, banano, guayaba, maracuyá, mandarina, piña, lulo, curuba, granadilla y pera (ver Tabla 2).
[23] Incluyen plátano, maíz, yuca, fríjol, papa y ñame (ver Tabla 2).
[24] Incluyen caña, caco, tabaco, fique, trigo, fríjol, y algodón (ver Tabla 2).

Working paper No. 67
2015-7



Fedesarrollo es una fundación privada, independiente, sin ánimo de lucro, dedicada a la investigación no partidista en los campos de economía, ciencia política, historia, sociología, administración pública y derecho. Sus principales propósitos son contribuir al desarrollo de políticas acertadas en los campos económico y social, promover la discusión y comprensión de problemas de importancia nacional, y publicar y definir análisis originales sobre fenómenos económicos y sociopolíticos, nacionales y latinoamericanos que sirvan para mejorar la calidad de la educación superior.

Fedesarrollo
Calle 78 # 9 – 91
Teléfono: (571) 3259777
Fax: (571) 3259780