

Eficiencia técnica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en el sur de Córdoba, Colombia

Technical efficiency of cacao (*Theobroma cacao* L) cultivation in the south of Córdoba, Colombia

Antonio María Martínez Reina¹, Lilibet Tordecilla Zumaqué¹, Liliana María Grandett Martínez¹, Maria del Valle Rodriguez Pinto¹, Abelardo Díaz Cabadiá², Henry Andrés Ballesteros Leal³

¹Investigador asociado Agrosavia, Colombia.

²Asistente de investigación Agrosavia, Colombia.

³Coordinador de innovación Agrosavia, Colombia.

Autor de correspondencia: amartinezr@agrosavia.co

Recibido: 04/08/2023. Aceptado: 27/05/2024

Publicado el 11 de julio de 2024

Resumen

La región del sur del departamento de Córdoba, Colombia, en los últimos diez años ha presentado un crecimiento en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa de sustitución de cultivos ilícitos y de mejoras en la calidad de vida de las familias que han atravesado el conflicto armado. El sistema de producción ha mostrado potencialidad dado sus rendimientos que superan al promedio nacional; sin embargo, no se evidencia la presencia de un estudio que indague acerca de la eficiencia en la asignación o inversión de recursos. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la eficiencia técnica de este cultivo con información obtenida de una encuesta estructurada y aplicada a 158 cacaoteros de los municipios de Puerto Libertador, Montelíbano, Tierralta y Valencia. La información obtenida contenía variables técnicas y socioeconómicas que permitieron calcular el estado actual de la eficiencia técnica del cultivo del cacao para esta región del país. La técnica que se usó fue la de frontera estocástica a través de la estimación de parámetros por el método de mínimos cuadrados a una función de producción tipo Cobb Douglas. A pesar de que los rendimientos no son bajos, los resultados muestran que el agricultor presenta una eficiencia técnica del 39%, lo cual se atribuye a la subutilización de factores y ocasiona una brecha en la producción. Se concluye que esta ineficiencia también está asociada a factores sociales como edad avanzada de los agricultores y los bajos niveles de escolaridad principalmente.

Palabras clave: economía de escala, factores de producción, productividad, retornos económicos, tecnología, rendimientos físicos.

Abstract

The southern region of the department of Córdoba, Colombia, in the last ten years has shown growth in the cultivation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) as an alternative to replace illicit crops and improve the quality of life of the families that They have gone through armed conflict. The production system has shown potential given its yields that exceed the national average; However, there is no evidence of the presence of a study that investigates the efficiency in the allocation or investment of resources. The objective of the work was to determine the technical efficiency of this crop with information obtained from a structured survey applied to 158 cocoa farmers in the municipalities of Puerto Libertador, Montelíbano, Tierralta and Valencia. The information obtained contained technical and socioeconomic variables that allowed calculating the current state of the technical efficiency of cocoa cultivation for this region of the country. The technique used was the stochastic frontier through the estimation of parameters by the least squares method to a Cobb Douglas type production function. Although the yields are not low, the results show that the farmer has a technical efficiency of 39%, attributed to underutilization of resources resulting in a production gap. It is concluded that this inefficiency is also associated with social factors such as the advanced age of farmers and low levels of schooling, mainly.

Keywords: economy of scale, factors of production, productivity, economic returns, technology, physical performance.

Introducción

El cultivo del cacao ha formado parte de la oferta agrícola desde épocas prehispánicas, con el paso de los años ha tenido periodos de crisis y recuperación (Acuña, 2007). En Colombia dada a su fácil adaptación a diferentes ambientes y la estabilidad de los precios han permitido una expansión del cultivo sobre todo para programas de sustitución de cultivos ilícitos en zonas de conflicto (Ramírez *et al.*, 2019). El cultivo de cacao se perfila como una alternativa de producción con posibilidades de crecimiento, especialmente en regiones de conflicto social (Abbott *et al.*, 2018; Cely, 2017; Sierra, 2016).

El cacao en Colombia se cultiva en 28 de los 32 departamentos que existen en el país, en más de un 80% se hace en pequeñas unidades en el modelo productivo de agricultura familiar Acevedo *et al.*, (2018). Se estima que alrededor de 25000 familias participan en forma directa del cultivo (Flórez *et al.*, 2018, p. 435). Según cifras de Agronet, el cultivo del cacao tuvo un crecimiento importante en el periodo 2015 - 2021. El área cultivada aumentó un 17,8%, la producción creció un 12,7% y los rendimientos presentaron también un incremento del 6,9% en ese periodo (Agronet, 2023).

La situación del departamento de Córdoba no es diferente si se tiene en cuenta que para el año 2021 la participación en área cultivada fue de 8,7% con relación a las áreas cultivadas en el país, 9,1% de la producción nacional y los rendimientos promedio son menores en 20 kg ha⁻¹ con relación al promedio nacional los cuales son de 440 kg ha⁻¹ (Federación Nacional de Cacaoteros [FEDECACAO], 2021).

Dado este panorama favorable de crecimiento y expansión del cultivo surge la pregunta sobre la eficiencia en la asignación de factores de producción. La eficiencia técnica consiste en comparar el desempeño que obtienen los agricultores con lo que sería el ideal usando insumos y tecnologías aplicadas en el proceso de producción (Bempomaa y Acquah, 2014). El análisis de las ganancias de eficiencia garantiza la producción sostenible e identifica los factores con los coeficientes técnicos más alejados de la producción potencial.

Diferentes estudios abordan la eficiencia en la producción agrícola, los primeros análisis de la eficiencia técnica en agricultura aparecen en los trabajos de Farrell (1957), resalta el planteamiento de que la eficiencia técnica se alcanza con una buena combinación de los recursos como fertilizantes y agroquímicos, garantizando mayores rendimientos físicos, cabe mencionar que la subutilización de estos lleva a la ineficiencia que se manifiesta por menor rendimiento por unidad de área cultivada.

De los Ríos (2006) replicó este mismo enfoque en el caso del algodón en el Perú y usó la técnica de fronteras estocásticas que no es más que la formalización de la frontera de posibilidades de producción neoclásica aplicada a la agricultura. Para el caso colombiano se referencian los trabajos de Perdomo y Hueth (2011), en el cultivo del café en las unidades productivas de los departamentos de Caldas,

Quindío y Risaralda quienes también usaron la técnica de frontera estocástica.

Recientemente Martínez-Reina *et al.* (2021) en el caso del cultivo del ñame en la Región Caribe de Colombia usó la técnica de frontera estocástica y una función de producción tipo Cobb Douglas llegando a calcular la brecha tecnológica, concluye que a pesar de que el agricultor es racional al asignar recursos, los promedios de rendimientos están por debajo del 50% del potencial productivo.

Además, se encontraron trabajos acerca de la medición de la eficiencia técnica como el caso de Colque (2019) para la cebolla en el Perú, Márquez *et al.* (2015) para el caso del análisis de la eficiencia de la producción de frijol en el estado Portuguesa en Venezuela, en este caso usaron el método de Análisis Envolvente de Datos (DEA), por sus siglas en inglés, también se han considerado referentes para este estudio.

Después de revisar la literatura, no se encontró evidencia de un estudio sobre la medición de la eficiencia técnica en el cultivo del cacao, especialmente para Colombia y mucho menos para la región del Sur de Córdoba. Sin embargo, se identificó un trabajo realizado por Castillo *et al.* (2020) en Nicaragua, donde se analizó el sistema de producción de cacao. En este estudio, se encontró que la eficiencia técnica promedio fue del 90,08%. Aunque este valor está por debajo de la frontera de posibilidades de producción, los autores reconocen que puede mejorarse mediante la implementación de innovaciones tecnológicas.

Otro estudio relevante sobre la eficiencia en el sistema de producción de cacao se llevó a cabo en Malasia, según lo reportado por Fadzim *et al.* (2016). Este estudio contó con una muestra de 375 pequeños agricultores y utilizó el método de frontera estocástica con estimaciones Tobit. Los resultados del estudio indicaron que la eficiencia se ve afectada por varios factores, como la falta de registros de producción, el bajo nivel de conocimientos de los agricultores y la dedicación a las labores del cultivo. Estos aspectos resultan críticos para mejorar la eficiencia en el cultivo del cacao.

Yahaya *et al.* (2015) llevaron a cabo un estudio para evaluar la eficiencia en la producción de cacao en Ghana. Además de calcular los coeficientes técnicos, también determinaron indicadores de retorno económico. Los datos se recopilaron a través de una encuesta aplicada a 80 agricultores. Mediante la estimación de parámetros utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios, los resultados revelaron que los costos fueron inferiores a los ingresos. Por lo tanto, concluyeron que el sistema de producción era rentable. Además, identificaron variables como el tamaño de la finca, la edad del agricultor y su experiencia en el cultivo, que podrían influir en la eficiencia y contribuir a bajos rendimientos.

Para el caso de Camerún, Nicodeme *et al.* (2017) realizaron un estudio con el objetivo de analizar la asignación de recursos y su uso en el sistema de producción de cacao. Mediante el empleo de funciones de producción tipo Cobb Douglas, estimaron que los rendimientos eran de 643 kg ha⁻¹

y que la eficiencia técnica oscila entre 10% y 100%, con una media de 43,7%. Esto implica irracionalidad en el empleo de los recursos. Desde el punto de vista socioeconómico, determinaron que variables como el tamaño del hogar, el acceso al crédito y la asociatividad pueden coadyuvar a mejorar los retornos en el sistema productivo.

Dado que no se encontraron estudios sobre la eficiencia del sistema de producción de cacao para Colombia y mucho menos para la región del sur de Córdoba, este trabajo tiene como objetivo realizar el análisis de la eficiencia de este cultivo con el uso de la técnica de frontera estocástica.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el sur del departamento de Córdoba – Colombia durante el primer semestre del año 2023, específicamente en la zona de influencia de los municipios de Valencia (8°16'1"N y 76° 07'59"O), Tierralta (8°10'22"N 76°07'34"O), Montelíbano (7° 58'16" N, 75° 25'05"O) y Puerto Libertador, 7° 53' 21" N , 75° 40' 20" O); temperatura de 23 °C a 32 °C y una humedad relativa de 75% (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2022). Se obtuvo información a través, de una encuesta estructurada aplicada a 158 agricultores seleccionados por muestreo aleatorio simple donde se aplicó la siguiente fórmula (Rodríguez, 2005):

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

N: Población total número de unidades productivas 820 o fincas que cultivan cacao.

Z: Correspondiente al nivel de confianza elegido en este caso el 95 por ciento con un valor de 1,96.

p: proporción de los productores con unidades productivas mayores de 5 hectáreas 40%, 328 agricultores en total.

q: Diferencia entre el total de la población y la proporción de pequeños productores de cacao. 60% 1 - P. 492 agricultores en total.

e: Error máximo de muestreo permitido el 5% dado a lo grande que resultaba la muestra se usó este porcentaje 10%.

El resultado obtenido de la ecuación previamente indicada fue el número de agricultores a encuestar, siendo n = 158 en total para el sistema de producción de cacao en el sur del departamento de Córdoba.

Se usó el método de frontera estocástica que permite a través de la técnica estadística de la estimación determinar la frontera de posibilidades de producción y establecer los límites o rango de la eficiencia o ineficiencia de la producción a través de la formulación de una función de producción tipo Cobb Douglas.

Se trata de recrear y formalizar la teoría neoclásica de la producción con dos o más insumos variables en un modelo tipo Cobb Douglas (Tomas *et al.*, 2005; Colque, 2019). La hipótesis subyace en que el agricultor actúa racionalmente y trata de aprovechar al máximo los recursos que dispone para la producción, y en este caso, será más eficiente en la medida que obtenga mayores rendimientos en la unidad productiva, y que utilice menor cantidad de insumos. Del propósito es corroborar de forma empírica si los productores al momento de realizar sus actividades hacen uso racional de los recursos que disponen (De los Ríos, 2006).

La metodología propuesta sigue una secuencia de pasos en los que el resultado de una etapa se utiliza como entrada para la siguiente. En primer lugar, se identifican y definen las variables que conforman el modelo. Después, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de la coherencia y calidad de los datos. Una vez completada esta fase, se procede a formular un modelo teórico basado en la teoría neoclásica de la función de producción Cobb-Douglas. Posteriormente, se desarrolla un modelo matemático y se utilizan técnicas de Mínimos Cuadrados Ordinarios para estimar los parámetros. Por último, se interpretan los resultados obtenidos, lo que permite extraer las conclusiones. La forma general de esta ecuación es:

$$Y = F(k, L) = Ak^\alpha l^\beta \quad (2)$$

Donde:

Y = Rendimiento de cacao kg ha⁻¹ expresada en unidades físicas kilogramos kg.

K = Factor capital

L = Trabajo

α = Cambio en Y cuando cambia el factor capital

β = Cambio en Y cuando cambia el factor trabajo

En forma general los símbolos α y β representan las elasticidades (Cobb, 1928); es decir, el cambio que experimenta la producción física de cacao en grano seco por un cambio en una unidad del factor trabajo y del factor capital. Cuando este valor es mayor que 1 se presentan rendimientos a escala creciente.

Para la estimación de los parámetros, se empleó el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), siguiendo el enfoque propuesto por Toro *et al.* (2010), que consiste en la linealización de la función original mediante el uso de logaritmos naturales. En otras palabras, los datos originales fueron transformados utilizando el logaritmo natural. La ecuación propuesta para este propósito fue la siguiente:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_3 \ln x_3 + \varepsilon_1 \quad (3)$$

Dónde:

ln = logaritmo natural

y = Rendimiento de kg de cacao por hectárea

X_1 = Fertilizante en kg ha⁻¹

X_2 = Mano de obra jornales por ha

X_3 = Área total de la finca en hectáreas

β_s = Parámetros para estimar (coeficientes de regresión)

ε_1 = Término de perturbación que considera V_i variables incluidas en el modelo de determinación de la eficiencia y U_i variables que pueden incidir en la eficiencia técnica pero no fueron incluidas en el modelo.

Para el caso de la ineficiencia que no es más que la imposibilidad de obtener una producción real cercana o igual a la producción potencial, la cual se ve influenciada por algunas variables socioeconómicas que inhiben las posibilidades de una mejor asignación de recursos y se consideraron los factores que afectan en forma negativa la eficiencia de la producción de cacao y tienen que ver más con las características socioeconómicas como edad, escolaridad y experiencia de los agricultores. Para esto, se planteó la siguiente ecuación propuesta por Farrell (1957)

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \varepsilon_1 \quad (4)$$

Donde:

y = ineficiencia técnica

α_1 = Experiencia en el cultivo (años)

α_2 = Edad del agricultor (años)

α_3 = Escolaridad

α_4 = Beneficiario de proyectos de fomento

ε_1 = Término de error

$\alpha_0 - \alpha_3$ = Parámetros a estimar

Para estimar los parámetros se usó el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios en el programa econométrico Eviews 8. El insumo para este trabajo correspondió a los datos organizados en archivos planos de las encuestas realizadas a los 158 agricultores de Cacao.

La relación entre la producción real obtenida y la producción potencial nos brindó la medida de la eficiencia técnica, que básicamente refleja la capacidad de aprovechamiento de recursos en el proceso productivo. Cuando se subutiliza un factor de producción, la producción real se distancia de su potencial, generando brechas tecnológicas. Para calcular esta eficiencia, nos basamos en una adaptación de la fórmula

propuesta por Samuelson (2010), que se detalla a continuación:

$$ET = \frac{\text{Produccion Real}}{\text{Produccion Potencial}} \quad (5)$$

Con los cálculos realizados y la estimación de los parámetros de la estimación de las variables se determinó la producción potencial y se comparó con la producción real.

Resultados y discusión

Características socioeconómicas de los encuestados

Dentro de las características de la muestra sobre la cual se determinó la eficiencia técnica del sistema de producción de Cacao, para la región del sur de Córdoba se determinó la edad promedio de los agricultores, de 57 años. Las unidades productivas tienen un tamaño promedio de 1,5 ha, el 53% de los entrevistados solo cursó la primaria, predomina el género masculino con el 77% de la muestra encuestada. La forma de tenencia de la tierra que más predomina es la propiedad bajo sana posesión en un 70,3% de la muestra encuestada. El 86% de los encuestados manifiestan pertenecer a alguna organización.

Una característica similar fue encontrada en los trabajos de Sobalbarro-Figueroa *et al.* (2020) y Quimi *et al.* (2020), para el caso de Honduras y Ecuador respectivamente. Con respecto a la edad promedio fue mayor a 50 años. El nivel de escolaridad en su mayoría primaria. La tenencia de la tierra propia y unidades productivas en promedio menores de dos. Para el caso de Nicaragua Castillo *et al.* (2020) informaron que el tamaño de las fincas es similar al caso del sur de Córdoba, con unidades productivas donde el 74,8% son de una hectárea, considerados pequeños productores.

La estimación de los parámetros por el método de mínimos cuadrados se presenta en la Tabla 1.

Los resultados de la estimación (Tabla 1) permiten inferir que la función de producción es ineficiente, ya que genera rendimientos a escala decreciente. El resultado obtenido podría deberse a la subutilización de algunos recursos, especialmente la tierra o área cultivada. Es decir, con la misma cantidad de tierra se podrían alcanzar mayores rendimientos a los que actualmente se obtienen.

Tabla 1. Resultados de la regresión del modelo Cobb Douglas para el caso de la eficiencia técnica del Cacao en el sur Córdoba Colombia 2023

Variable	Coficiente	Error estándar	t- estadístico	Probabilidad
C	4,797629	1,459272	3,287687	0,0013
LN FERT	0,025640	0,186232	0,137677	0,8907
LN MDO	0,104855	0,102355	1,024.427	0,3072
LN ATOTAL	-0,090838	0,050591	-1,795.543	0,0745

C= intercepto. LN FERT= Fertilizante. LN MDO=Mano de obra. LN ATOTAL=área total en hectáreas

En el modelo formulado para el cacao en la región sur de Córdoba, el fertilizante presenta un coeficiente de 0,025640 con signo positivo. Esto indica una respuesta positiva en los rendimientos debido al uso de este insumo. En particular, un aumento de un kilo de fertilizante podría incrementar los rendimientos en 2,5%. Por lo tanto, es posible racionalizar aún más el empleo de este recurso, quizás debido a la falta de planes de fertilización basados en análisis de suelos. Comparado con los resultados de Castillo *et al.* (2020) para el caso de la producción de cacao en Nicaragua se encontró un valor del parámetro de 0,015 positivo lo que indica la relación directa entre el uso del fertilizante con los rendimientos.

La mano de obra, con un valor del parámetro de 0,1048 con signo positivo, indica que se puede aumentar el uso de este insumo y que, un aumento de una unidad de mano de obra puede entenderse como de un jornal adicional, traería consigo aumentos del 10% en los rendimientos. Tal vez se puede interpretar como si se tratara de realizar labores que adicionales necesarias para el cultivo como las podas o el control manual de malezas. Este resultado tiene similitudes con los obtenidos por Castillo *et al.* (2020) para Nicaragua, donde obtuvo un valor de 0,346 también con signo positivo, que muestra la relación directa de la mano de obra con los rendimientos.

Con respecto al área cultivada, un valor del parámetro de -0,090838, con signo negativo, sugiere que, en una misma unidad de tierra, por ejemplo, una hectárea, los rendimientos de cacao podrían aumentar si se emplean adecuadamente otros insumos como la mano de obra o el fertilizante. En otras palabras, se indica que es posible lograr mayores rendimientos en una misma área de tierra si se hace un uso racional de los demás insumos. Resultados similares fueron observados por Castillo *et al.* (2020), quienes reportaron un valor del parámetro de -0,057. Este hallazgo señala una relación inversa entre el aumento del área cultivada y los rendimientos, lo que sugiere que este podría ser un factor contribuyente a la presencia de rendimientos a escala decreciente.

De la anterior interpretación se puede inferir que en el caso del sistema de producción de cacao se está subutilizando el factor tierra ya que, con una misma cantidad de tierra, como una hectárea, podrían obtenerse mayores rendimientos de cacao. Además, se observan rendimientos a escala decreciente, con un valor de 0,171, lo que sugiere que los insumos no están contribuyendo al máximo potencial productivo. Esta discrepancia entre los rendimientos reales y potenciales genera una brecha de producción.

La eficiencia en el sistema de producción de cacao en el sur de Córdoba se determinó a partir de la relación entre la producción real y la producción potencial, resultando en un índice de 0,39, lo que equivale al 39%, con rendimientos de 573 kg ha⁻¹. La producción potencial se estimó en 1 470 kg/ha, lo que indica una brecha de producción, como se ilustra en la Figura 1. Esto sugiere que aún hay margen para aumentar los rendimientos si se mejora la gestión de los recursos

disponibles.

En la Figura 1 se indica que para llegar a la eficiencia en la producción se requiere que este valor sea igual a 1. Con un rendimiento de 0,573 t ha⁻¹, la eficiencia es de 0,39, lo cual indica que le falta 0,987 t ha⁻¹ para alcanzar la eficiencia que corresponde a un rendimiento de 1,47 t ha⁻¹ generado una brecha de producción de 0,46 t ha⁻¹. Así las cosas, con los rendimientos reales, esta eficiencia no puede ser alcanzada, por factores como la subutilización del factor tierra principalmente.

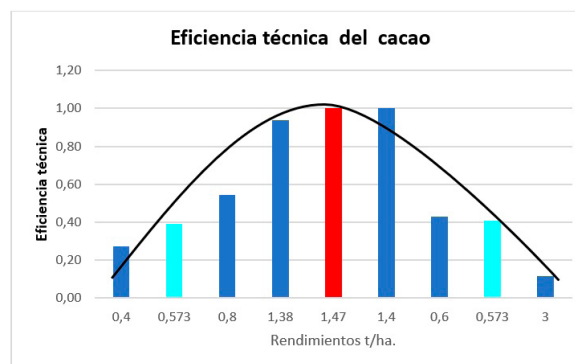


Figura 1. Análisis de la eficiencia técnica en el cultivo del cacao en la región del sur de Córdoba

Los resultados obtenidos para la región del sur de Córdoba, y los de otros trabajos acerca de la eficiencia del sistema de producción de cacao en Camerún (Tabi *et al.*, 2017), reportaron una eficiencia de 43,7%. Significa que se hubiera producido un 56,3% más si se hubieran utilizado adecuadamente los insumos. Para Nicaragua, Castillo *et al.* (2020) reportaron una eficiencia de 90,08%; para Malasia, Fadzim *et al.* (2016) encontraron una eficiencia del 52%; y para Ghana (Onumah *et al.*, 2013) hallaron una eficiencia de 85%. Lo anterior permite apreciar que la menor eficiencia la presenta la producción de cacao en la región del sur de Córdoba en condiciones socioeconómicas similares a las regiones con las que se compararon.

Determinantes de la ineficiencia técnica

Para el análisis de la ineficiencia del cultivo del cacao se tuvo en cuenta las variables o características socioeconómicas de los productores, para lo cual con los datos de la encuesta se formuló el modelo econométrico y se realizó la estimación de los parámetros, los cuales se presentan en la Tabla 2. Se aclara que en este análisis se trata de identificar las variables que frenan o impiden que el sistema de producción sea eficiente por lo que se recomienda tener cuidado con los signos de los parámetros de la estimación así: un coeficiente con signo positivo indica que la variable tiene un efecto negativo sobre la eficiencia y el signo negativo en el parámetro indica que la variable influye positivamente sobre la eficiencia de la producción.

Tabla 2. Resultados de la regresión para medir la ineficiencia del sistema de producción de cacao en el sur de Córdoba Colombia 2023

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad
C	5,556,339	0,817379	6,797,749	0,0000
LNEXP	0,262968	0,132740	1,981,084	0,0494
LNEDAD	0,053244	0,204241	0,260694	0,7947
LNESCOLARIDAD	0,081056	0,118002	0,686903	0,4932
LNBPY	-0,089091	0,177759	-0,501191	0,6170

C= intercepto. LNEXP= Experiencia en el cultivo. LNEDAD= edad del agricultor en años. LNESCOLARIDAD= nivel de escolaridad. LNBPY= Beneficiario de un proyecto anterior

El resultado de la estimación de los parámetros para medir la ineficiencia, que comprende aquellos factores que actúan como obstáculos o limitantes para que la diferencia entre la producción real y la producción potencial sea mayor, indica que lo que se produce realmente está por debajo de lo que se podría producir si se utilizasen plenamente los recursos, en este caso, en el cultivo del cacao.

La regla de decisión establece que un valor positivo del parámetro indica que la variable tiene un efecto negativo sobre la eficiencia, mientras que un valor negativo del parámetro indica que la variable influye positivamente en la eficiencia de la producción. En estas condiciones, el coeficiente de la experiencia, que es 0,262968, indica que a medida que los agricultores tienen más experiencia en el manejo del cultivo, tienden a ser más reacios a incluir nuevas tecnologías en su cultivo. Esto podría frenar las posibilidades de aumentar la eficiencia, ya que el signo positivo del coeficiente genera ineficiencia en la producción. Esto también podría interpretarse como que los agricultores no están interesados en modificar sus prácticas de manejo del cultivo porque creen que cambiar las técnicas no mejorará la eficiencia (Tabla 2).

La variable edad, con un valor del parámetro de 0,053244, podría interpretarse en la misma dirección que el caso de la experiencia, entendida como la destreza y pericia en el manejo del cultivo, la cual es producto de los años que llevan cultivando el cacao. Es importante recordar que estas variables están correlacionadas positivamente, ya que, a más edad, más experiencia. Es posible que los agricultores con más experiencia no estén dispuestos a admitir cambios en su sistema de producción. Resultados similares se encontraron en Castillo *et al.* (2020) con un valor del parámetro de 0,605, también con signo positivo, lo que significa que la edad es un factor que no favorece el aumento de la eficiencia, al igual que en el departamento de Córdoba.

Haber participado o estar incluido en un programa anterior para el fomento del cultivo del cacao, con un valor del parámetro de -0,089091 y un signo negativo, indica que podría ser un factor que contribuya a mejorar la eficiencia. Esto se debe a que quienes han recibido orientación sobre cómo manejar el cultivo pueden estar más interesados en mejorar los rendimientos. En el caso de Nicaragua, Castillo

et al. (2020) encontraron un valor de parámetro de -0,038, lo que indica que haber participado en actividades en periodos anteriores favorece el aumento de la eficiencia. En esta regla de decisión, el signo positivo indica que un factor contribuye a la ineficiencia, mientras que el signo negativo indica que contribuye a la eficiencia. Por lo tanto, en el caso del Sur de Córdoba como en Nicaragua, resulta contrario a la ineficiencia haber participado en programas anteriores de fomento, y por eso su signo es negativo, ya que se opone a la ineficiencia.

También se demostró con el resultado empírico del modelo estimado por mínimos cuadrados ordinarios, que la producción es ineficiente, y que se presentan brechas tecnológicas, con la presencia de rendimientos a escala decreciente, con un valor menor que 1. Sin embargo, se advierte la presencia de brechas tecnológicas del 61%, lo que significa que la producción podría mejorar con una racionalidad en el uso de la tierra, intensificando la producción por hectárea.

Las variables socioeconómicas consideradas en este estudio como la edad, la escolaridad, y la experiencia, dejan claro la avanzada edad de los agricultores con un promedio de 57 años, con bajo nivel de escolaridad, lo cual es similar a otras regiones productoras de cacao en el mundo lo cual se evidencia en estudios como los de Yahaya *et al.* (2015) el cual muestra que un 68,7% de los productores tuvieron una edad mayor de 60 años, el 88,7% argumentaron una educación básica y las unidades productivas fueron de menos de cinco hectáreas. Esta es una situación generalizada en las regiones donde se cultiva el cacao y una característica de la agricultura colombiana.

Con relación a la experiencia se constituye en una limitante para mejorar la eficiencia del cultivo dada a que esto implica incorporar técnicas que antes no se hacían como análisis de suelos, podas de mantenimiento, podas sanitarias que requieren nuevos hábitos por parte del productor el cual no estaría dispuesto a incorporar dada la edad avanzada en promedio de 57 años y es un tanto difícil concebir que cambien las prácticas del manejo del sistema de producción de cacao.

Se observan algunas consideraciones acerca de la subutilización de los factores de producción, en este caso, la tierra, medida en kilos de cacao por hectárea. Esto indica que con la misma unidad de tierra se podrían producir más

kilos de los que se producen actualmente, siendo 573 kg ha⁻¹ bajo el supuesto de que se utilicen adecuadamente los demás factores de producción. En este punto, cobra mucha importancia el concepto de productividad, entendida como la capacidad de producir más con la misma unidad de insumo, lo cual genera una eficiencia técnica del 39%. Se sugiere que se podría mejorar esta eficiencia mediante la incorporación de tecnologías de manejo, prácticas de fertilización basadas en análisis de suelos y los requerimientos del cultivo, así como prácticas como podas y control manual de malezas.

Conclusiones

El análisis de los sistemas de producción de cacao en la región sur de Córdoba revela una asignación irracional de los factores de producción, lo que resulta en brechas tecnológicas del 61% y una eficiencia técnica del 39%. Se recomienda ajustar la tecnología de producción e incorporar técnicas que permitan mejorar los coeficientes técnicos y lograr un uso más racional de los factores productivos.

El análisis realizado revela oportunidades para mejorar la tecnología de producción mediante la introducción de prácticas de manejo racional de los recursos, como la fertilización de acuerdo con los requerimientos nutricionales y los análisis de suelos, el uso de materiales de siembra adaptados a las condiciones de la región y el manejo general del cultivo. Estas acciones podrían reflejarse en una respuesta positiva, manifestada en mejores rendimientos.

Con los rendimientos modales de 0,573 t ha⁻¹, se vislumbra la posibilidad de generar excedentes económicos. No obstante, la producción actual evidencia una brecha significativa y una eficiencia técnica del 39%. Esto sugiere que hay margen para aumentar los rendimientos mediante una mejor asignación de recursos, tales como la mano de obra y el fertilizante, así como un manejo más eficiente de actividades culturales, como el control de malezas.

Agradecimientos

Principalmente, agradecemos a los agricultores de la zona sur del departamento de Córdoba por su paciencia y disposición en el suministro de la información. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y al Sistema General de Regalías (SGR) del departamento de Córdoba por financiar el proyecto “Implementación de tecnologías de producción para el fortalecimiento de la cadena de valor de cacao y la sostenibilidad ambiental del sistema productivo en el departamento de Córdoba”.

Referencias bibliográficas

Abbott, P. C., Benjamin, T. J., Burniske, G. R., Croft, M. M., Fenton, M., Kelly, C. R., Lundy, M. M., Rodríguez

- Camayo, F., y Wilcox, M. D. (2018). *Análisis de la cadena de cacao en Colombia*. United States Agency for International Development - USAID. <https://hdl.handle.net/10568/99089>
- Acuña, K. (2007). Tsuru: el cacao en Alta Talamasca. *Revista Herencia*, 20(1), 83-98. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/herencia/article/view/10035/9440>
- Acevedo-Orsorio, Á., Santoyo-Sánchez, J., Guzmán, P. y Jiménez-Reinales, N. (2018). La Agricultura Familiar frente al modelo extractivista de desarrollo rural en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21(2Supl), 144-154. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2supl.73925>
- Agronet (2023). *Cifras Agropecuarias. Red de información y comunicación del sector agropecuario colombiano*. Agronet. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Bempomaa, B. y Acquah, H. de-G. (2014). Technical efficiency analysis of maize production: Evidence from Ghana. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 8(2-3), 73-79. <https://doi.org/10.19041/APSTRACT/2014/2-3/9>
- Castillo, M., Legarreta-González, M., Olivas-García, J. y García-Fernández, G. (2020). Análisis de la eficiencia técnica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Caso de la región norte centro de Nicaragua. *Custos e @gronegocio*, 16(3). 29-40. <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v16/OK%202%20Cacao%20english.pdf>
- Cely Torres, L. A. (2017). Oferta productiva del cacao colombiano en el posconflicto. Estrategias para el aprovechamiento de oportunidades comerciales en el marco del acuerdo comercial Colombia-Unión Europea. *Equidad y Desarrollo*, (28), 167-195. <https://doi.org/10.19052/ed.4211>
- Cobb, C. y Douglas, P. (1928). *A Theory of Production* (pp. 139-165). American Economic Association. <https://www.aeaweb.org/aer/top20/18.1.139-165.pdf>
- Colque, J. (2019). Evaluación económica de la producción de pequeños productores de cebollas (*Allium cepa* L.) en municipios de Achacachi y Ancoraimas del departamento de La Paz. *Revista de Investigación E Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(1), 70-78. http://www.scielo.org.bo/pdf/riarn/v6n1/v6n1_a10.pdf
- De los Ríos, C. (2006). La eficiencia técnica en la agricultura peruana. El caso del algodón Tangüis en los valles de Huaral, Cañete y Chíncha. *Revista Debate Agrario*, (40), 141-168. <https://larevistaagrariperu.files.wordpress.com/2019/03/07-de-los-rios.pdf>
- Fadzim, W. R., Aziz, M. I. A., Mat, S. H. C. y Maamor, S. (2016). Estimating the Technical Efficiency of Smallholder Cocoa Farmers in Malaysia. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(7), 1-5. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijefi/issue/32000/353015>
- Farrell, M. (1957). The Measurement of Production Efficiency.

- Journal of Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 250 – 281. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Federación Nacional de Cacaoteros-FEDECACAO. (2021). Fondo Nacional del Cacao. Caracterización de productores de cacao 2017-2021. Periódico de Fedecacao <https://drive.google.com/file/d/1w2tBLP8IG6faDgdYacgLn9mIdXI0qBNL/view>
- Flórez, A., Muñoz, C., Sáenz, B., Rodríguez, N., Siachoque, R., Otero, J., Páramo, G., Martínez, Ó., Bonilla, G., Rangel, E., Soriano, Ó., Ríos, H., Garcés, E., Porras, A., Henry Gaitán, H., Rangel, S., Morales, J., Ortiz, L., y Roldán, J. (2018). *Cultivo comercial de cacao: Identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000*. Fedecacao, UPRA. <https://es.scribd.com/document/499703362/Cultivo-Comercial-de-Cacao>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM (2022). Atlas Climáticos de Córdoba. IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/AtlasWeb/info/humrel.html>
- Márquez, T., Velasquez, A., Flores, J., Flores, S. y Gazón, H. (2015). Factores determinantes en la eficiencia técnica de explotaciones de frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (11), 2067-2073. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.774>
- Martínez-Reina, A., Tordecilla-Zumaqué, L., Grandett-Martínez, L., Regino-Hernández, S., Luna-Castellanos, L. y Pérez-Cantero, S. P. (2021). Analysis of the technical efficiency of yam cultivation (*Dioscorea* spp.) in the Caribbean Region of Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(2), 2–10. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12445>
- Nicodeme, T. G. , Suqun. , y Bosambe, M. N. (2017). The Economic Analysis of Resource Used Efficiency for Cocoa Production in Cameroon: The Case Study of Lekie Division. *American Journal of Rural Development*, 5(5), 123-137. <https://doi.org/10.12691/ajrd-5-5-2>
- Onumah, J. A., Al-Hassan, R. M. y Onumah, E. E. (2013). Productivity and technical efficiency of cocoa production in Eastern Ghana. *Journal of Economics and Sustainable Development* 4(4). <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEDS/article/view/4838>
- Perdomo, J. y Hueth, D. (2011) 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*. 34(2), 377-402. <http://www.scielo.org.co/pdf/rce/v34n2/v34n2a08.pdf>
- Quimi, W., Castro, M., Risco, G., y Cabezas, Y. (2020). Evaluación socioeconómica del cultivo de Cacao. (cacao) en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of business and entrepreneurial studie*, 34(2), 377-402. <https://doi.org/10.37956/jbes.v4i2.79>
- Ramírez, J., Valero, G. y Martínez, P. (2019). Oportunidades de las Minicadenas Productivas del Sector Cacao de Santander Frente al Pos Conflicto Colombiano. *Económicas CUC*, 40(2): 153-182. <https://doi.org/10.17981/econuc.40.2.2019.10>
- Rodríguez, J. (2005). *Métodos de muestreo, casos prácticos*. Editorial Centro de Investigaciones Sociológicas, I Cuadernos Metodológicos. <https://libreria.cis.es/libros/metodos-de-muestreo-casos-practicos/9788474763843/>
- Samuelson, P y Nordhaus, W (2010). Macroeconomía (19.^a ed, pp. 397). McGraw-Hill. https://www.academia.edu/52466198/Macroeconomia_Samuelson_and_Nordhaus_19ed
- Sobalbarro-Figueroa, M., Legarreta-González, M., García-Fernández, F., Olivas-García, J., Carrillo-Soltero, M. y Guzmán-Rodríguez, A. (2020). Análisis Socioeconómico de los Pequeños Productores de Cacao en Honduras. Caso APROSACAO. *Ceiba*, (0848), 1-13. <https://camjol.info/index.php/CEIBA/article/view/8963>
- Sierra, D. (2016). *El cacao como producto líder en la sustitución de cultivos ilícitos en el proceso de posconflicto*. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15777>
- Toro, P., García, A., Aguilar, C., Acero, R., Perea, J., y Vera, R. (2010). Modelos econométricos para el OAP (Observatorio Agroambiental y Productivo). DT 13, Vol. 1/2010. [http://www.uco.es/zooteclaygestion/img/pictorex/25_14_43_Modelos2\[1\].pdf](http://www.uco.es/zooteclaygestion/img/pictorex/25_14_43_Modelos2[1].pdf)
- Tomas, J., Rodrigo, M. y Oliver A. (2005) Modelos lineales y no lineales en la explicación de la siniestralidad laboral. *Revista Psicothema* 17(1), 154-163. <https://www.redalyc.org/pdf/727/72717125.pdf>
- Yahaya, A., Karli, B. y Gül, M. (2015). Economic analysis of cocoa production in Ghana: the case of eastern region. *Custos e @gronegocio*, 11(1), 336-352. http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v11/OK_18_cocoa.pdf

