

EFICIENCIA TÉCNICA DEL CULTIVO DE BERENJENA (*Solanum melongena* L.) EN ZONA PRODUCTORAS DEL CARIBE COLOMBIANO

Technical efficiency of the cultivation of eggplant (*Solanum melongena* L.) in producing areas of the Colombian Caribbean

Antonio María Martínez Reina¹, Lilibet Tordecilla Zumaqué², Liliana María Grandett Martínez³,
María del Valle Rodríguez Pinto⁴

RESUMEN

La berenjena es una hortaliza originaria de Asia con gran poder de adaptación a las condiciones ambientales de la Región Caribe, a pesar de ser un cultivo con rendimientos que permiten recuperar la inversión y generar excedentes para el agricultor, se considera que la eficiencia tanto técnica como económica aún no alcanzan el potencial productivo y será susceptible de mejorar. De acuerdo con las fuentes consultadas no se encontró evidencia de un estudio que permita entender la eficiencia de la producción en esta región y los factores que la determinan, es por esta razón, que se planteó esta investigación con el objetivo de determinar la eficiencia técnica del cultivo de berenjena en las zonas productoras de la región caribe de Colombia. Con información obtenida de 62 encuesta aplicadas a los productores seleccionados por muestreo aleatorio simple se calcularon estadísticas descriptivas, se formuló un modelo tipo Cobb Douglas y se estimaron los parámetros por el método de mínimos cuadrados ordinarios. Los resultados permiten evidenciar rendimientos a escala decreciente 0.84 menor que 1.00 y la presencia de brechas de producción que corresponden a una eficiencia técnica del 50 % y un déficit de producción de 12.94 toneladas con relación al potencial productivo. Lo anterior se explica por usos inadecuados de factores de producción como las semillas, los fertilizantes y el control de malezas principalmente.

Palabras clave: berenjena, *Solanum melongena*, rendimientos, insumos, productos, tecnología, racionalidad.

ABSTRACT

Eggplant is a vegetable native to Asia with great power to adapt to the environmental conditions of the Caribbean Region, despite being a crop with yields that allow the recovery of investment and generate surpluses for the farmer, it is considered that both technical and technical efficiency economic activity has not yet reached its productive potential and it will be susceptible to improvement. According to the sources consulted, no evidence was found of a study that allows understanding the efficiency of production in this region and the factors that determine it, it is for this reason that this research was proposed with the objective of determining the technical efficiency of the cultivation of aubergine in the producing areas of the Caribbean region of Colombia. With information obtained from 62 surveys applied to the producers selected by simple random sampling, descriptive statistics were calculated, a Cobb Douglas-type model was formulated and the parameters were estimated by the ordinary least squares method. The results show decreasing scale returns 0.84 less than 1.00 and the presence of production gaps that correspond to a technical efficiency of 50 % and a production deficit of 12.94 tons in relation to the productive potential. The above is explained by inadequate uses of production factors such as seeds, fertilizers and mainly weed control.

Keywords: eggplant, *Solanum melongena*, inputs, products, technology, rationality.

¹ ✉ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Córdoba, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9312-842X>. amartinezr@agrosavia.co

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Córdoba, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0263-6427>. ltordecilla@agrosavia.org.co

³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Córdoba, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9755-2017>. lgrandett@agrosavia.gov.co

⁴ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Córdoba, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4820-8287>. mdelvrodriguez@agrosavia.co

INTRODUCCIÓN

En las zonas productora de la región Caribe en especial el Valle del Sinú, la berenjena se cultiva en un área promedio de 0.6 hectáreas, con alta utilización de mano de obra (71 % de los costos directos) y genera ingresos netos en 3.7 millones de pesos colombianos que corresponden a 961.93 USD por hectárea (Martinez et al., 2019). Dada la importancia del sistema productivo en la región por su aporte a la economía familiar, a la seguridad alimentaria y nutricional, resulta pertinente estudiar su eficiencia técnica desde un punto de vista integral, a partir del concepto de función de producción que no es más que un catálogo de posibilidades de asignación o utilización de factores de producción que mejoren los resultados.

Los enfoques modernos de investigación plantean que el estudio de un sistema de producción debe contemplar el componente biofísico y el componente socioeconómico. En este sentido, se plantea el concepto de eficiencia técnica y eficiencia económica, porque para llegar a alcanzar la eficiencia económica, es necesario alcanzar valores altos en los coeficientes técnicos de la producción.

Un proceso productivo resulta, técnicamente, eficiente si se emplean de la mejor forma posible los recursos que se disponen, lo cual se refleja en el mayor número de cantidades producidas, en este caso entre más cantidades de berenjena produzca una hectárea cultivada, mayor será la eficiencia técnica. Por tanto, podría decirse que existe una producción real y una producción potencial, esta última, es la máxima producción que se obtiene al usar racionalmente los recursos disponibles.

Al analizar un sistema de producción como la berenjena, se busca entender el estado actual de la respuesta en la producción y sus rendimientos como resultado de la combinación de los recursos que disponen para el cultivo, con el fin de obtener una actividad productiva y rentable al final del proceso, que permita recuperar la inversión y generar excedentes, para ser sostenibles a través del tiempo.

La evaluación del desempeño de las actividades realizadas en un sistema productivo es un proceso complejo debido a la gran cantidad de factores que influyen, sin embargo, un enfoque que recibe gran atención es la estimación de la eficiencia técnica, mediante el uso de indicadores de desempeño, análisis de frontera estocásticas y análisis de

envolvente de datos (Rodriguez et al., 2017; Altamirano et al., 2019). Existen trabajos de referencia donde calculan la eficiencia técnica en varios sistemas de producción como frijol en el estado de Portuguesa en Venezuela (Márquez et al., 2015). En el continente africano se tienen algunos trabajos de referencia como los realizados por Aliyu y Shelleng (2019) en la localidad de Gayne estado Adamawa en Nigeria con la técnica de análisis envolvente de datos midieron la eficiencia técnica del cultivo de ñame a pesar de que esta especie agrícola es un tubérculo en este estudio se determinó la eficiencia técnica por otro método y se demostró la respuesta de la producción ante el uso de los factores de producción que intervienen.

Ahora bien, existen métodos que permiten estimar la función de producción de un sistema en particular, como es el caso de la Función de Cobb Douglas que relaciona cantidades de insumos con las cantidades de producto a obtener. Esta función trata de relacionar las variables de un modo funcional que proponga como variable dependiente a la producción y como variables explicatorias o independientes a los insumos usados en la producción (Tomas et al., 2005). La función de producción Cobb Douglas, ha sido empleada en otros estudios para determinar la eficiencia técnica de la producción agrícola (Martínez, 2002; Khuda y Hassan, 2006; Erhabor y Emokaro, 2007; Perdomo y Hueth, 2011). Este enfoque presenta las relaciones funcionales de insumos y los cambios en el producto, la contribución que cada factor hace por eso se presenta como elasticidades del insumo sobre el producto. La evidencia empírica de la teoría de la producción a través de la función Cobb Douglas, permite determinar los aportes de cada factor de producción y una forma de abordar la frontera de producción, las economías de escala y la eficiencia entendida como resultado del uso racional de los factores de producción.

Esta función ha sido empleada por diversos autores como Colque (2019) para calcular la eficiencia en la producción de cebolla en el Perú, así como Perdomo y Hueth (2011), en el caso del café en la zona productora de Colombia, y De los ríos (2006) quien analizó mediante esta función las posibilidades de obtener ganancias en la productividad agrícola aplicando mejoras en la eficiencia técnica; en el caso de las hortalizas, se han realizado estudios a nivel de la región caribe, específicamente en berenjena sobre tipificación de productores asociados al cultivo (Correa-Álvarez et al., 2020) y caracterización socioeconómica del sistema productivo Martínez et al. (2021), sin embargo se hace necesario el análisis de la eficiencia técnica de

esta especie, para determinar las variables que permiten entender la racionalidad del agricultor frente al manejo del sistema de producción. Bajo este enfoque el trabajo más reciente es el realizado por Martínez et al. (2021), para el sistema de producción de ñame (*Dioscorea* sp.) en la región Caribe.

En esta investigación se parte de la premisa que el agricultor es racional quién trata de utilizar los insumos que dispone de la mejor manera, sin embargo, se ha podido percibir que puede llegar a subutilizar algunos de estos, tal vez en forma involuntaria, pero con efectos negativos en sus resultados y debido a esto se pueden presentar brechas tecnológicas en la medida que la producción real sea inferior a la producción potencial.

De acuerdo con lo anterior resulta pertinente estudiar la eficiencia técnica en el sistema productivo de berenjena en la región Caribe de Colombia desde un marco integral, a partir del concepto de función de producción que no es más que un catálogo de posibilidades de asignación o utilización de factores de producción encaminado siempre al mejor resultado. En primera instancia se busca identificar los factores que inciden sobre el desempeño a través de una encuesta socioeconómica para posteriormente definir variables que integren el modelo de la teoría neoclásica de la función de producción tipo Cobb Douglas.

El artículo se estructura de la siguiente manera: se inicia con aspectos generales del cultivo de la berenjena en las regiones de mayor producción, se presentan elementos de la teoría de la producción, se formula el modelo teórico y el modelo matemático de la función de producción tipo Cobb Douglas. Con la estimación de los parámetros y las salidas de la regresión se presenta la discusión del estado actual de la eficiencia en la producción de berenjena y por último se presentan algunas ideas a manera de discusión.

El objetivo de este trabajo fue determinar la eficiencia técnica del cultivo de la berenjena en las zonas productoras de la Región Caribe de Colombia para determinar la respuesta de la producción al uso de los factores y los elementos que inciden en la baja eficiencia técnica con relación a la producción potencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El marco geográfico de este trabajo son las zonas productoras de la Región Caribe de Colombia. El área de estudio fue la región del Caribe en las microrregiones de Sabanas, Valle del Sinú departamento de Córdoba. El Caribe continental colombiano se ubica entre los 12° y 7° N y los 75° y 71° W. Tiene una superficie de 536 574 km². La temperatura media se acerca a los 25°C. Durante los diferentes meses del año, con una máxima de 30°C en verano y una mínima de 22 o 23°C en invierno. El clima es bastante húmedo, con un porcentaje de humedad relativa, que fluctúa entre el 77 y el 82.5 %. Las lluvias en los departamentos de Córdoba, Bolívar y Sucre, al norte de Antioquia y en la Sierra Nevada de Santa Marta, continúan siendo frecuentes y abundantes, en promedio por encima de los 1 380 mm por año (observatorio del Caribe 2019).

Metodología

Los datos para el análisis de la eficiencia técnica en el cultivo de la berenjena se obtuvieron en las zonas productoras de la Región Caribe: el Valle del Sinú, que para este estudio comprende los municipios de San Pelayo, Cereté, Montería y San Bernardo del Viento, en el departamento de Córdoba, y las Sabanas que comprenden los municipios de Sincelejo, Corozal, San Antonio de Palmito y Sampedrés, en el departamento de Sucre.

Los pasos secuenciales en el análisis de la eficiencia fueron: aplicación de encuestas las cuales fueron la fuente primaria de información, definición de las variables que integran el modelo de acuerdo con la consistencia estadística para lo cual se hizo análisis de correlación y análisis de causalidad de las variables. Se construyó el modelo teórico que obedece a la teoría neoclásica de la función de producción tipo Cobb Douglas, formulación del modelo matemático, estimación de parámetros por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios e interpretación de los resultados y redacción de las conclusiones.

La información se obtuvo del trabajo de campo realizado en las zonas productoras de los departamentos de Córdoba y Sucre en el año 2019 donde se aplicaron 62 encuestas en un formulario estructurado contenía 40 preguntas con 18 variables con tres componentes: social, económico y técnico el cual se aplicó a los agricultores seleccionados al azar. Dentro del componente técnico se indagó sobre la tecnología local de producción, los insumos usados con las cantidades, los rendimientos por hectárea cultivada y dentro del componente económico los costos de producción de cada una de las unidades productivas.

El tamaño de la muestra a encuestar se calculó de acuerdo con la metodología propuesta por Rodríguez (2005), utilizando el tipo de muestreo aleatorio simple. La población de estudio fue el número de agricultores que cultivan berenjena que correspondió a 846 agricultores de acuerdo con las evaluaciones agropecuarias EVAS que realiza la Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial. Las encuestas se distribuyeron 35 para el departamento de Córdoba y 27 para el departamento de Sucre. El departamento de Córdoba tiene en total 292 y el departamento de Sucre tiene 224 productores de berenjena.

Se tomó como variable de muestreo el tamaño de la unidad productiva, teniendo como referencia que el 62 % de la población cultivan en áreas inferiores a una hectárea. De acuerdo con las evaluaciones agropecuarias de la Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial. El otro componente son los agricultores que siembran más de una hectárea y constituyen el 38 % del universo. De acuerdo con Rodríguez (2005) se procedió a aplicar la siguiente fórmula:

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

Dónde: Z = correspondiente al nivel de confianza elegido, en este caso el 95 %; p = proporción de la población que cultiva menos de una hectárea (524 agricultores); q = la diferencia entre el total de la población y la proporción de la población que no reúne la característica (en este caso unidades mayores de

una hectárea, 321 agricultores); e = error máximo 14.7 %; N = tamaño de la población (846 unidades productivas). La muestra (n) fue de 62 agricultores a los cuales se les aplicó la encuesta.

Se usó la fórmula de muestreo aleatorio simple dado a la homogeneidad de las unidades productivas en cuanto al área cultivada menos de una hectárea el 68 % de la población de agricultores, los rendimientos nivel tecnológico y destino de la producción que no marcaron mayores diferencias que pudiera darse estratificación entre los agricultores y además el carácter aleatorio de la muestra permitió una distribución normal de las unidades a encuestar.

La eficiencia técnica del sistema de producción de este estudio se estimó por medio del análisis frontera estocástica a partir de una función de producción tipo Cobb Douglas (1928), la cual se presenta en forma general así:

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

Donde: Y = producción total de berenjena t ha⁻¹ expresada en unidades físicas; K = factor capital; L = trabajo; α = cambio en Y cuando cambia el factor capital; β = cambio en Y cuando cambia el factor trabajo; f = en función de.; A = constante; l = factor trabajo. En forma general los símbolos α y β representan las elasticidades, es decir, el cambio que experimenta la producción física de berenjena expresada en t ha⁻¹. Los cambios en la producción de berenjena por un cambio en una unidad del factor trabajo y el factor capital. cuanto este valor es mayor que 1, la producción presenta rendimientos a escala creciente.

La técnica usada para la estimación de los parámetros de las variables explicatorias de la eficiencia técnica de la producción de berenjena fue la del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) que consiste en estimar el verdadero valor del parámetro de la variable explicatoria y para expresarlo como elasticidad se aplicó logaritmo natural de acuerdo con Toro et al. (2010). Los resultados de la estimación dieron lugar a la siguiente ecuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \ln MdO + \beta_2 \ln Sem + \beta_3 \ln Fert + \beta_4 \ln Malz + \beta_5 \ln Rto + \varepsilon_1 \quad (3)$$

Dónde: \ln = logaritmo natural; Y = cantidad de berenjena producido (kg); MdO = Mano de obra jornales ha^{-1} durante todo el ciclo del cultivo; Sem = semilla $kg\ ha^{-1}$; $Fert$ = fertilizante en $kg\ ha^{-1}$; $Malz$ = malezas ha^{-1} ; Rto = rendimiento $t\ ha^{-1}$; β_0 = valor del intercepto; $\beta_1 - \beta_4$ = parámetros producto de la estimación de variables independientes

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

Donde: y = ineficiencia técnica; α_1 = edad (años); α_2 = experiencia en el cultivo (años); α_3 = área cultivada en hectáreas; α_4 = educación nivel educativo años cursados; ε_1 = término de error o termino de perturbación; α_0 = intercepto; $\alpha_1 - \alpha_3$ = parámetros producto de la estimación de los parámetros de las variables independientes.

Se trata de identificar cuales variables contribuyen con que el sistema de producción no sea eficiente y aquí es conveniente por cuidado a los signos de los coeficientes un parámetro con signo positivo indica que la variable tiene un efecto negativo sobre la eficiencia y el signo negativo del parámetro indica que la variable influye positivamente sobre la eficiencia de la producción.

La estimación por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios se hizo usando el programa econométrico Eviews 8 para estudiantes Los datos de campo se organizaron en archivos planos en Excel de las 62 encuestas aplicadas a los agricultores con experiencia en el cultivo de la berenjena. Para expresar el valor de los parámetros como elasticidades los datos originales fueron transformados en logaritmo neperiano.

En este estudio, la eficiencia técnica estará medida a través de relación entre producción real y producción potencial que se interpreta como la frontera de posibilidades de producción cuando se toma la decisión de usar mayores o menores cantidades del insumo. Cuando se da subutilización de un factor de producción, la producción real será menor que la producción potencial y generará una brecha tecnológica.

$$ET = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción potencial}} \quad (5)$$

Donde: ET = eficiencia técnica

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

(coeficientes de regresión); ε_1 = término de error compuesto definido como $V_i - U_i$.

Par el cálculo de la ineficiencia tuvo en cuenta los factores que afectan en forma negativa la eficiencia de la producción de berenjena y tienen que ver más con las características socioeconómicas como edad, escolaridad, experiencia.

real. El uso de la función Cobb Douglas se hizo porque presenta la relación entre la producción y los insumos que en ella intervienen, lo cual permite entender el aporte o la contribución que cada una en particular hace el total de la producción, se trata de medir la respuesta de las variables explicatorias en este caso los insumos a los aumentos de la producción y decidir si se presentan rendimientos a escala constante, creciente o decreciente. Se realizó diagnósticos de datos de las encuestas y análisis de correlación de las variables que dieron que las variables estaban correlacionadas con el modelo, además se hicieron las pruebas de multicolinealidad con el estadístico Durbin Watson y las pruebas de hipótesis demostraron que los valores de los parámetros resultaron diferentes de cero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características socioeconómicas de los encuestados

Las características socioeconómicas de los agricultores según la encuesta aplicada en las zonas productoras de berenjena de la región Caribe se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características socioeconómicas de los agricultores que cultivan berenjena en la Región Caribe.

Características	Frecuencias número de respuestas
Género	
Masculino	62
Femenino	0
Educación	
Ninguna	11
Primaria	24
Bachillerato	15
Universidad	10
Posgrado	2
Edad	
Promedio años	53
Mínimo años	23
Máximo años	72
Experiencias	
Promedio años	5
Mínimo años	1
Máximo años	13

Fuente: Cálculos con base en trabajo de campo Agrosavia (2019).

La Tabla 1 muestra que solo se entrevistó a varones. Se puede apreciar también que el 7 % (11 entrevistados) no tienen ningún nivel de escolaridad 15 % tuvieron estudios de primaria, en el caso de la educación superior 10 tuvieron acceso a la educación superior y dos realizaron estudios de posgrado. Se puede inferir que el grado de instrucción es alto en el grupo de agricultores entrevistados. Con relación a la edad el promedio 53 la mayoría de los entrevistados

presentan una edad avanzada situación generalizada en la agricultura colombiana. Por otra parte, no hay una correlación en la edad avanzada de los agricultores y la experiencia en el cultivo.

Los resultados de la regresión por el Método de Mínimos Cuadrados y la estimación de parámetros se pueden apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la regresión modelo Cobb Douglas para el caso del sistema de producción de la berenjena en la Región Caribe 2020.

Variable	Coefficiente	Std. Error	t-Estadístico	Probabilidad
C (Intercepto)	-1.2670	0.6045	-2.0959	0.0406
Mano de obra	0.6889	0.3430	2.0082	0.0494**
Semilla	-0.3893	0.1990	-1.9560	0.0554
Fertilizante	-0.1276	0.4165	-0.3063	0.7605
Malezas	-0.5203	0.3215	-1.6181	0.1112
Rendimiento	1.1967	0.1874	6.3830	0.0000

Fuente: Cálculos realizado con datos obtenidos en trabajo de campo, Agrosavia 2019; ** = altamente significativo.

Los resultados de la estimación de los parámetros que conforman el modelo de la función de producción de berenjena presentados en la Tabla 2, Es importante dejar claro que los análisis tienen en cuenta el valor de los parámetros, los signos de cada uno y la significancia de cada variable independiente para explicar a la variable dependiente en este caso la producción. Con la información de los parámetros se construyó la función de producción, la cual se puede interpretar de la siguiente forma.

El intercepto o la constante de la función con un valor de -1.2670 muestra que, con esta producción por hectárea de berenjena, se presenta ineficiencia con la combinación de los insumos que se hace actualmente, por lo que se puede inferir sobre la presencia de irracionalidad al momento de asignar recursos a la producción. este corresponde al valor del α en la función Cobb Douglas.

Los valores de los parámetros β son producto de la estimación y hay tantos parámetros como variables explicatorias, las cuales fueron incluidas en el modelo. Se reitera una vez más que estos valores corresponden a las elasticidades del producto (berenjena) con relación a cada uno de los insumos. En otras palabras, al cambiar el uso de un insumo la producción experimenta cambios, cuando el signo es negativo muestra disminución del producto cuando aumenta las cantidades del insumo utilizadas y cuando el signo es negativo ante un aumento de unidades del insumo la producción disminuye, esta es la forma correcta de interpretar los coeficientes.

En el caso del sistema de producción de la berenjena, la mano de obra expresada en jornales por hectárea con un valor del coeficiente de 0.6889 con signo positivo indica que por cada unidad adicional de mano de obra la producción de berenjena por hectárea aumenta en un 0.68 lo cual se explica porque dada la abundancia de mano de obra muchas labores pueden hacerse manualmente y aumenta los rendimientos. En el caso de la semilla con un valor del parámetro de -0.3893 significa que cada vez que se hace aumenta el número de semillas por hectárea, la producción tiende a disminuir en un 39 % lo cual se explica por la competencia por nutrientes que ejerce las plantas en la misma unidad de tierra. El caso del fertilizante con un valor del parámetro de -0.1276 por tener signo negativo indica al aumentar unidades de fertilizante la producción disminuye en vez de aumentar, es decir, que no por usar más cantidades de fertilizante se puede aumentar la producción de berenjena por efecto de los rendimientos marginales decrecientes.

Con relación a la variable malezas la cual arrojó un coeficiente de -0.5203, indica que el manejo actual no es el adecuado y podría ser causa de la ineficiencia en el cultivo. Por último, el rendimiento con un valor del parámetro de 1.1967 muestra que entre mayor sea el rendimiento mayor será la producción de la unidad productiva y será una respuesta positiva derivada de la racionalidad del uso de los recursos, esta variable en realidad contribuye más con la robustez del modelo que con una explicación económica o técnica, aunque por lógica entre mayores sean los rendimientos, mayor será la eficiencia.

Se recuerda que la eficiencia técnica se define como la relación entre la producción real y la producción potencial, en estas circunstancias en la medida que la producción potencial sea mayor que la producción real

se generan brechas tecnológicas. En el caso de la producción de berenjena se puede apreciar en la Figura 1.

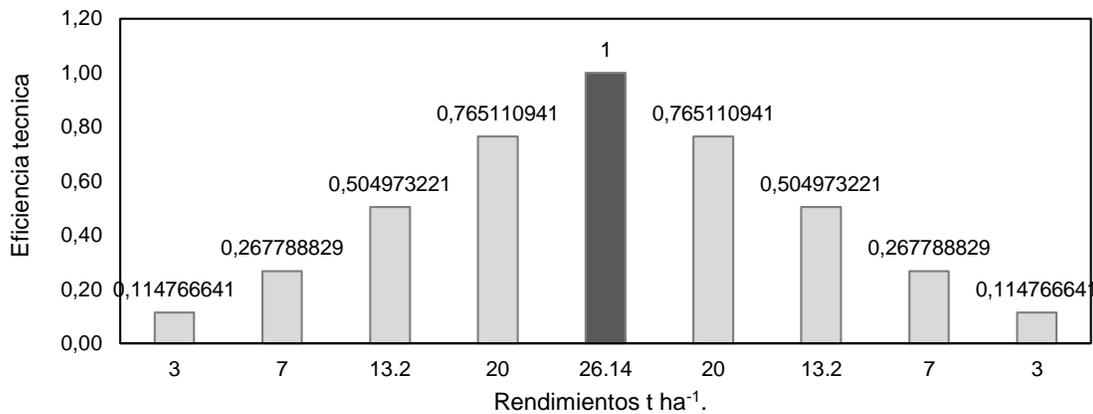


Figura 1. Análisis de la eficiencia técnica en el cultivo de la berenjena en las regiones productoras del Caribe colombiano. Los histogramas son la relación entre los rendimientos y la eficiencia la mayor eficiencia se alcanza con 26.14 t ha⁻¹.

La producción real que se trata del promedio de los rendimientos reportados por los agricultores encuestados es de 13.2 t ha⁻¹ de berenjena en tanto que la producción potencial que fue estimada mediante el uso de la función de producción fue de 26.4 t ha⁻¹ lo cual indica que para llegar a la eficiencia se requiere producir adicionalmente 13.94 t ha⁻¹ y con unos rendimientos de 13.2 t ha⁻¹ la eficiencia es de 0.50 en este caso la brecha de producción es de 12.94 t ha⁻¹,

se presenta una distancia cercana a 0.5 % y por tanto se concluye que la producción no es eficiente y podría estar más cercana a la producción potencial.

Determinantes de la ineficiencia técnica

Con el método de mínimos cuadrados ordinarios se estimaron los parámetros y los resultados se presentan la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la regresión para medir la ineficiencia del sistema de producción de berenjena en zonas productoras de la Región Caribe 2020.

Variable	Coficiente	Std. Error	t-Estadístico	Probabilidad
Intercepto	3.6596	3.1172	1.1740	0.2510
Edad	0.0863	0.8549	0.1009	0.9203
Experiencia	-0.3924	0.1908	-2.0566	0.0499*
Área	0.1967	0.1968	0.9991	0.3269
Educación	-0.2424	0.7195	-0.3369	0.7388

Fuente: Cálculos con base en trabajo de campo Agrosavia 2019; * = significativo.

En el caso de la medición de la ineficiencia en la producción de berenjena entendida como los elementos que inhiben la posibilidad de hacer más racional el uso de los insumos y poder obtener mayor producción física los resultados de la estimación de los parámetros se presentan en la Tabla 3.

edad 0.0863 muestra que entre mayor sea la edad del agricultor podría ser más resistente para modificar el uso de los insumos y podría no ser favorable para la eficiencia en el uso de los recursos.

En la interpretación de la salida se estableció que un valor del parámetro con signo positivo indica que la variable tiene un efecto negativo sobre la eficiencia y el signo negativo del parámetro indica que la variable influye positivamente sobre la eficiencia de la producción, en estas condiciones, el coeficiente de

La variable significativa al 95 % de confianza fue la experiencia en el sistema de producción con un valor del parámetro de -0,3924 significa que si el agricultor tiene experiencia podría ser más racional en el uso de los recursos y la eficiencia sería mayor. El área cultivada con un valor del coeficiente de 0.1967 la interpretación de este valor del parámetro con signo positivo indica que no siempre que se aumenta el área

cultivada la eficiencia en la producción también se aumenta, en este caso con la misma área cultivada se puede obtener mayores cantidades de berenjena, lo que conduce al concepto de productividad que significa producir más usando las mismas unidades del factor.

En cuanto a la variable educación medida por el último grado o nivel de estudio alcanzado, de acuerdo con el valor del parámetro $-0,2424$ quiere decir que los agricultores con más años de estudio y mejor instruidos tienden a ser más eficientes.

En los análisis de la eficiencia técnica del sistema de producción de berenjena las variables usadas en la explicación del comportamiento de la producción como la mano de obra, semilla, malezas y fertilizante del sistema de producción de berenjena, tienen una participación en la eficiencia técnica del cultivo, para el caso de la semilla este estudio considera que usar más cantidades de semilla causa disminuciones en la producción, tal como lo afirman Ávila-Marioni et al. (2012) y Tapia-Coronado et al. (2015). Con relación a las malezas se evidenció un efecto directo del manejo sobre la ineficiencia del cultivo, al respecto, Araméndiz-Tatis et al. (2010), afirman que la incidencia de ciertas especies de malezas y su manejo afectan directamente la altura de la planta, diámetro del tallo y por consiguiente los rendimientos y calidad del fruto en el cultivo de berenjena.

En cuanto a la fertilización, los resultados de este trabajo demuestran que no por usar más cantidades de fertilizantes se genera una relación directa con el aumento de la producción, más bien está sustentada en el uso racional y oportuno de los nutrientes que se le aportan al cultivo, tal como los reportan Zhang et al. (2014), donde expresan que al implementar adecuados planes de fertilización basado en el requerimiento del cultivo, disponibilidad de nutrientes y humedad en el suelo, estos inciden directamente en los rendimientos. En este mismo sentido, Colque (2019) en el caso de la cebolla en el Perú resalta que no por aumentar más el uso de los insumos se consigue aumentos físicos en la producción.

La mano de obra es una variable que siempre estará en función de las labores agronómicas requeridas en cada fase del cultivo y su influencia será positiva en la eficiencia técnica toda vez que se emplee cada unidad adicional de forma racional en beneficio del sistema de producción.

Con relación a las variables socioeconómicas analizada se encontró que los agricultores presentan edades promedio que superan los 50 años, coincidiendo con trabajos realizados para el cultivo de ñame en Nigeria con un valor para esta variable de 59 años (Orewa y Izekor, 2012), y en Colombia específicamente en la región Caribe una edad de 57 años (Martinez et al., 2021). Lo anterior pone en riesgo la estabilidad del sistema de producción y de la agricultura en general. Se resalta en los resultados que el 100 % de los productores de berenjena son hombres, lo que permite inferir que posiblemente estos tienen más acceso a recursos e información de producción en comparación con las mujeres que se dedican más a labores del hogar u otras actividades.

La variable educación en este estudio reporta que predomina el nivel básico, sin embargo, se aprecia un acceso considerable a la educación media y en menor grado la educación superior, también se encontró un número de agricultores que manifiestan no haber cursado ningún nivel de educación. El grado de escolaridad en este estudio tiene un efecto negativo ($-0,2424$) indicando que los productores con menor grado educativo no son técnicamente eficientes en comparación con los que tienen un mayor nivel, se infiere que los agricultores con mayor grado tienen la oportunidad de acceder a información actualizada y aplicar las nuevas tecnologías en sus sistemas productivos. Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Dessale (2019). Ali y Khan (2014), en el sistema productivo de trigo en Etiopía.

La experiencia en el manejo cultivo es una variable que podría llegar a explicar la situación de eficiencia, en algunos casos como elemento dinamizador y en otros como inhibidor como sucedió en este trabajo que fue un elemento que favorece la eficiencia de la producción. Caso contrario sucedió en el trabajo de ñame en la región Caribe de Colombia realizado por Martinez et al. (2021), donde se encontró que a mayor experiencia mayor resultaba la eficiencia del sistema. Asravor et al. (2016), en estudio de Eficiencia de la producción de ají en la región de Volta de Ghana se encontró que productores experimentados en cultivo son menos eficientes que los que no tienen experiencia atribuyéndose esta situación que los primeros tienden a confiar únicamente en sus conocimientos y, por lo tanto, no buscan en comparación con los de no experiencia que están dispuestas a solicitar orientación.

Al comparar los resultados encontrados en el análisis de la eficiencia técnica en el cultivo de la berenjena en la Región Caribe de Colombia con el trabajo de Márquez et al. (2015) en el caso del estado portuguesa en Venezuela, a pesar de que usan la técnica de Análisis Envoltente ADE, sin embargo, se encontró una eficiencia técnica del 81.2 %, en tanto que para este estudio fue de 50 %. Además, encontraron que al agregar cantidades de insumos no es posible aumentar la eficiencia técnica, el estudio del ñame en la Región Caribe de Colombia Martínez et al. (2021) demostró que las variables manejo de malezas y la fertilización sin análisis de suelos generan subutilización de factores de producción y por ende ineficiencia en el cultivo. Mercado et al. (2020) en estudio relacionado con tipología de productores y eficiencia técnica en la producción de quinua en la región de Junín encontraron una relación del tipo de productor (pequeños y medianos) y la eficiencia técnica, demostraron que si el productor hace uso eficientemente de sus insumos o si está desperdiciando parte de ellos tienen ineficiencia técnica, ya sea por el exceso en la contratación de mano de obra, por el escaso uso de maquinaria, por el exceso en el uso de los fertilizantes o por otras razones que no consideraron en su análisis.

Resultados reportados por Márquez et al. (2015) en Venezuela con el uso de la técnica de análisis envoltente de datos, quien calculó una eficiencia técnica de 81.2 de acuerdo con los resultados de este estudio presentan una eficiencia del 50 %, se puede aumentar la producción de berenjena de 13.2 a 26.14 t ha⁻¹ con mejorar el uso de la semilla, prácticas de fertilización y buen manejo de malezas. Tsiboe et al. (2019), en estudio de eficiencia técnica y brechas tecnológicas en Ghana reportó que el factor más importante en la producción de pimiento y tomate es la mano de obra contrada, seguido de la tierra y pesticidas, estimando para los productores un 74 y 58 % de eficiencia técnica respectivamente donde además las brechas tecnológicas son casi inexistentes para el sistema de producción de pimiento y moderadas para tomate, lo que permite inferir que además que mientras no hay potencial de ganancia de producción al redistribuir la tecnología del pimiento en Ghana existe un potencial limitado para los agricultores de tomate, los de pimiento pueden beneficiarse potencialmente mejorando el manejo del cultivo caso similar en el sistema productivo de berenjena en la región Caribe colombiana, donde se están utilizando diferentes tecnologías que

podrían estar limitando el entorno físico por ejemplo condiciones climáticas, tipo de suelo, plagas y enfermedades, los cuales no fueron analizados en este estudio.

CONCLUSIONES

El estudio pone en evidencia que a pesar de que los agricultores de berenjena en la Región Caribe buscan mayores rendimientos los cuales en promedio son de 13.2 t ha⁻¹. Sin embargo, existe una diferencia de un 50 % con relación a la producción potencial, lo que indica que se están subutilizando recursos. Esta situación podría mejorar si se hace una mejor asignación de los recursos disponibles especialmente fertilizante, mano de obra, manejo de malezas y semilla certificada o de calidad.

En la discusión al comparar los resultados con otros trabajos y otros sistemas de producción se evidencia que en la mayoría de los cultivos o por lo menos en los que se analizaron, en ninguno de los casos se evidencian economías de escala, es decir que por aumentar la escala de producción aumenta la eficiencia técnica y siempre va a presentar brechas tecnológicas, el reto es tratar de que sean lo más reducidas como sea posible.

El estudio evidenció la importancia de la edad de los productores indicando que entre mayores sean éstos, son ineficaces en el uso de los recursos disponibles indicando que se deben contemplar estrategias que mejoren la eficiencia vinculando a la población joven en los sistemas productivos de berenjena en la región Caribe colombiana.

El grado de escolaridad demostró positivamente la eficiencia técnica en los agricultores de berenjena, indicando la necesidad de establecer programas de educación, transferencia de tecnología para proporcionar más oportunidades de mejoramiento de este sistema productivo.

El estudio ha caracterizado la naturaleza de las deficiencias en la producción de berenjena en la región Caribe colombiana, resultados que son base para investigar y buscar acciones correctivas por parte de todos los actores de la cadena que disminuyan la ineficiencia y brechas tecnológicas mejorando la productividad y de esta manera se pueda tener más oportunidades de comercialización para los mercados locales, regionales o internacionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, S; Khan, M. 2014. Technical efficiency of wheat production in district Peshawar, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan (en línea). *Sarhad Journal of Agriculture* 30(4):433-441. Consultado 13 mar. 2021. Disponible en <http://researcherslinks.com/current-issues/Technical-Efficiency-of-Wheat-Production-in-District-Peshawar-Khyber-Pakhtunkhwa-Pakistan/14/1/62/html>
- Aliyu, A; Shelleng, A. 2019. Analysis of Technical, Allocative and Economic Efficiencies of Yam Producers in Ganye Local Government Area of Adamawa State, Nigeria (en línea). *International Journal of Engineering Technologies and Management Research* 6(7):129-143. Consultado 16 feb. 2021. DOI: <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v6.i7.2019.426>
- Altamirano, A; Valdez, J; Valdez, C; León, J; Betancourt, M; Osuna, T. 2019. Evaluación del desempeño de los distritos de riego en México mediante análisis de eficiencia técnica (en línea). *Tecnología y ciencias del agua* 10(1):85-121.
- Aramendiz-Tatis, H., Cardona-Ayala, C., & De Oro, R. (2010). Periodo de interferencia de arvenses en el cultivo de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Agronomía Colombiana* 28(1), 81-88.
- Asravor, J; Onumah, EE; Osei-Asare, YB. 2016. Efficiency of chili pepper production in the volta region of Ghana (en línea). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 8(6):99-110. Consultado 26 ene. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5897/JAERD2016.0765>
- Ávila-Marioni, MR; Jacobo-Cuellar, JC; Rosales-Serna, R; de Jesús Espinoza-Arellano, J; González-Ramírez, H; Pajarito-Ravalero, A. 2012. Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México (en línea). *Tecnociencia Chihuahua* 6(3):158-164. Consultado 18 ene. 2021. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/tecnociencia-chihuahua/articulo/influencia-de-la-calidad-de-semilla-en-la-produccion-de-frijol-en-el-norte-centro-de-mexico>
- Cobb, CW; Douglas, PH. 1928. A Theory of Production (en línea). *American Economic Review* 18:139-165. Consultado 22 feb. 2021. Disponible en <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 (en línea). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 6(1):70-78. Consultado 13 mar. 2021. Disponible en <http://riiarn.agro.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/25>
- Correa-Álvarez, EM; Martínez-Reina, AM; Orozco-Guerrero, AR; Silva-Acosta, GE; Tordecilla-Zumaqué, L; Rodríguez-Pinto, MDV; Romero-Ferrer, JL. 2020. Characterization of eggplant producers in the Caribbean region of Colombia: socio-economic aspects and local production technology (en línea). *Agronomía Colombiana* 38(1):120-132. Consultado 16 mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.80706>
- 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* N° 40/41 (en línea). Consultado 16 mar. 2021. Disponible en <https://larevistaagrariaperu.files.wordpress.com/2019/03/07-de-los-rios.pdf>
- Dessale, M. 2019. Analysis of technical efficiency of small holder wheat-growing farmers of Jamma district, Ethiopia (en línea). *Agriculture & Food Security* 8(1):1-8. Consultado 19 feb. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0250-9>
- Erhabor, P; Emokaro, C. 2007. Relative Technical Efficiency of Cassava Farmers in the three AgroEcological Zones of Edo State, Nigeria (en línea). *Journal of Applied Science* 7 (19):2818-2823. Consultado 26 feb. 2021. Disponible en <https://scialert.net/abstract/?doi=jas.2007.2818.2823>
- Khuda, B; Hassan, S. 2006. Food security through increasing technical efficiency (en línea). *Asian Journal of Plant Sciences* 5(6):970-976. Consultado 16 mar. 2021. Disponible en <https://scialert.net/abstract/?doi=ajps.2006.970.976>
- Márquez, T; Velásquez, A; Flores, J; Flores, S; Garzón, H. 2015. Factores determinantes en la eficiencia técnica de explotaciones de frijol (en línea). *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 6(11):2067-2073. Consultado 11 ene. 2021. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v18i2.717>

- Martínez, A. 2002. Aplicación de la Función Cobb Douglas al secado de yuca en la Costa Atlántica de Colombia (en línea). Revista Comercio Exterior México. Consultado 27 mar. 2021. Disponible en <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/70/3/RCE3.pdf>
- Martínez, A; Tordecilla, L; Grandett, L; Rodríguez, M; Correa E; Orozco, A; Cordero, C; Romero, J; Silva, G. 2019. Análisis económico de la producción de berenjena (*Solanum melongena* L.) en dos zonas productoras del Caribe colombiano: Sabanas de Sucre y Valle del Sinú en Córdoba (en línea). Ciencia y Agricultura 16(3):17-34. Consultado 23 mar. 2021. DOI <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9514>
- Martínez, A; Tordecilla, L; Grandett, L; Luna, L; Regino, S; Pérez, S. 2021. Analysis of the technical efficiency of the cultivation of yam (*Dioscorea* spp.) in the Caribbean Region of Colombia (en línea). 15(2). Consultado 16 feb. 2021. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12445>
- Mercado, W; Estrada, M; Rendon, E. 2020. La Tipología de productores y eficiencia técnica en la producción de quinua en la Región Junín (en línea). Natura@economía 5(2):88-101. Consultado 11 abr. 2021. Disponible en https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/ne/article/view/1609/pdf_18
- Observatorio del Caribe. 2019. Región Caribe Colombiana (en línea). Consultado 12 abr. 2021. Disponible en <http://www.ocaribe.org/region-caribe>
- Orewa, S; Izeke, O. 2012. Technical efficiency analysis of yam production in Edo state: A stochastic frontier approach (en línea). Journal volume & issue 1(2):516-526. Consultado 16 abr. 2021. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/26854716.pdf>
- Perdomo, J; Hueth, D. 2011. Funciones de producción, análisis de economías a escala y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica (en línea). Revista Colombiana de Estadística 34(2):377-402. Consultado 11 mar. 2021. Disponible en https://mpra.ub.uni-muenchen.de/37179/1/MPRA_paper_37179.pdf
- Rodríguez, J. 2005. Métodos de muestreos, casos prácticos. Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid (en línea). Cuadernos Metodológicos. 179. Consultado 13 abr. 2021. Disponible en <https://libreria.cis.es/libros/metodos-de-muestreo-casos-practicos/9788474763843/>
- Rodríguez, R; Brugiafredo, M; Raña, E. 2017. Eficiencia técnica en la agricultura familiar: Análisis envolvente de datos (DEA) versus aproximación de fronteras estocásticas (SFA) Technical efficiency in family farming: data envelopment analysis (DEA) vs. Stochastic frontiers approach (SFA) (en línea). Revista Electrónica Nova Scientia 18(9):342-370. Consultado 11 abr. 2021. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v9n18/2007-0705-ns-9-18-00342.pdf>
- Tapia-Coronado, JJ; Cadena-Torres, J; Correa-Álvarez, EM; Jiménez-Mass, NC; Rodríguez-Pinto, MV; Tamayo-Molano, PJ; Arias-Bonilla, H. 2015. Modelo tecnológico del cultivo de berenjena para la región Caribe. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Tomas, J; Rodrigo, M; Oliver, A. 2005. Modelos lineales y no lineales en la explicación de la siniestralidad laboral (en línea). Revista Psicothema 17(1):154-163. Consultado 11 abr. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/727/72717125.pdf>
- Toro, P; García, A; Aguilar, C; Acero, R; Perea, J; Vera, R. 2010. Modelos econométricos para el OAP (Observatorio Agroambiental y Productivo) (en línea). ISSN: 1698-4226 DT 13, Vol. 1/2010. Consultado 11 feb. 2021. Disponible en [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/25_14_43_Modelos2\[1\].pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/25_14_43_Modelos2[1].pdf)
- Tsiboe, F; Asravor, J; Osei, E. 2019. Eficiencia técnica y brechas tecnológicas en la producción de hortalizas en Ghana (en línea). Revista Africana de Economía Agrícola y de los Recursos 14 (311-2020-259: 255-278). Consultado 13 abr. 2021. Disponible en <https://ageconsearch.umn.edu/record/301046/>
- Zhang, Q; Wu, S; Chen, C; Shu, LZ; Zhou, XJ; Zhu, SN. 2014. Regulation of nitrogen forms on growth of eggplant under partial root-zone irrigation (en línea). Agricultural Water Management, 142: 56-65. Consultado 23 abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.04.015>

Artículo recibido en: 29 de julio 2021

Aceptado en: 25 de noviembre 2021