



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## Eficiencia técnica del cultivo del frijol zaragoza en dos áreas de la región del Caribe de Colombia

### Technical efficiency of the zaragoza bean cultivation in two areas of the Caribbean region of Colombia

Antonio María Martínez Reina<sup>1</sup> , Carina Cecilia Cordero Cordero<sup>1</sup> ,  
Adriana Patricia Tofiño Rivera<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná, Colombia

<sup>2</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, Centro de Investigación Motilonia, Colombia

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 09/03/2022  
Aceptado: 19/09/2022

#### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflicto de intereses.

#### CORRESPONDENCIA

Antonio María Martínez Reina  
[amartinezr@agrosavia.co](mailto:amartinezr@agrosavia.co)

Carina Cecilia Cordero Cordero  
[ccordero@agrosavia.co](mailto:ccordero@agrosavia.co)

Adriana Patricia Tofiño Rivera  
[atofino@agrosavia.co](mailto:atofino@agrosavia.co)



cag054222383

#### RESUMEN

El frijol rosado o zaragoza (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie muy importante en la región del Caribe seco colombiano, principalmente en los departamentos del Cesar y la Guajira, porque constituye parte fundamental de la dieta alimenticia de sus habitantes. En los últimos años se han realizado estudios exploratorios encaminados a caracterizar el sistema de producción y la generación de nuevos materiales. Sin embargo, no se evidencian investigaciones que indaguen sobre la eficiencia técnica de este sistema de producción. Por tal razón, este estudio tuvo como objetivo analizar su eficiencia técnica para lo cual se partió de la información obtenida de una encuesta estructurada aplicada a 32 agricultores con experiencia en el cultivo, seleccionados mediante la técnica de muestreo aleatorio simple. Para el análisis de los datos, se calcularon estadísticas descriptivas y medidas de tendencia central. Para los análisis de eficiencia técnica se diseñó un modelo econométrico tipo Cobb Douglas. Se identificaron aspectos como la racionalidad del productor al momento de asignar recursos, se estimó una ineficiencia técnica correspondiente a 0,67, lo que evidencia que existe subutilización de recursos como la semilla y el fertilizante, que se aplican sin previo análisis de suelo y sin tener en cuenta los requerimientos del cultivo.

**Palabras clave:** economías de escala, insumos, producción, productividad, productividad tecnológica, rendimientos

**ABSTRACT**

The pink zaragoza bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a very important species in the dry Caribbean region of Colombia, mainly in the departments of Cesar and La Guajira, because it is a fundamental part of the diet of its inhabitants. In recent years, exploratory studies have been carried out to characterize the production system and the generation of new materials. However, there is no evidence of research on the technical efficiency of this production system. For this reason, the aim of this study was to analyze its technical efficiency, based on information obtained from a structured survey applied to 32 farmers with experience in the crop, selected by simple random sampling. For data analysis, descriptive statistics and measures of central tendency were calculated. For the technical efficiency analysis, a Cobb-Douglas type econometric model was designed. Aspects such as the rationality of the producer when allocating resources were identified, a technical inefficiency corresponding to 0.67 was estimated, which shows that there is underutilization of resources such as seed and fertilizer, which are applied without prior soil analysis and without taking into account the requirements of the crop.

**Keywords:** economies of scale, inputs, production, productivity, technological productivity, yields

**INTRODUCCIÓN**

El frijol zaragoza (*Phaseolus vulgaris* L.), también conocido como frijol rosado, pertenece a la familia Fabaceae, correspondiente al género *Phaseolus*, que cuenta con cuatro especies cultivadas (Voyses, 2000), originaria de América (Sangerman *et al.*, 2010). Es la mayor fuente de proteínas, vitaminas (tiamina y ácido fólico), minerales (potasio, magnesio, zinc, hierro y fósforo), carbohidratos y fibra (Ulloa *et al.*, 2011) para los sectores vulnerables de la población, especialmente en los países en vías de desarrollo (McClean *et al.*, 2011 y Telikicherla *et al.*, 2018).

El frijol zaragoza es una leguminosa que posee ventajas por la diversidad de productos que ofrece, bien sea como alimento directo mediante el consumo del grano con gran valor nutricional, como por la producción de forraje que se usa para la alimentación animal. Es la leguminosa más consumida a nivel mundial, con gran relevancia nutricional, debido al contenido de proteínas y micronutrientes (Tofiño *et al.*, 2011). La importancia del frijol en la Región Caribe Colombiana radica en que es uno de los productos con mayor pertenencia para las comunidades indígenas de la región y los pequeños productores de la zona de ladera

del Cesar, cuyas clases comerciales preferidas son zaragoza, blanquillo y palicero (Tofiño *et al.*, 2011).

Para poder analizar de manera integral el sistema productivo de frijol zaragoza en el contexto de la eficiencia técnica, se ha tenido en cuenta trabajos referentes como Farrell (1957), quien encontró que la mejor combinación de insumos (fertilizantes, productos para control fitosanitario) genera mayores niveles de producción física y que la subutilización de insumos conduce a la ineficiencia técnica del sistema productivo. Además, se tuvieron en cuenta otras investigaciones acerca de la producción de algodón en Perú mediante Fronteras Estocásticas (SFA) (De los Ríos, 2006), y estudios en Colombia sobre el café en las fincas ubicadas en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda donde utilizaron el método para análisis de frontera estocástica (Perdomo y Hueth, 2011).

Existen muchos métodos y técnicas para medir la eficiencia técnica en cualquier actividad económica, como el Análisis Envoltante de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), mediante las técnicas de programación lineal o el de la frontera estocástica con técnicas econométricas. Rodríguez *et al.* (2017) demostraron que no existen razones para usar

uno u otro método y esto se deja a criterio del investigador. Por su parte, Martínez *et al.* (2021a) para el cultivo del ñame en la Región Caribe de Colombia, Tancara (2019) en el sistema de producción de cebolla en Perú, y Márquez *et al.* (2015) con el análisis de la eficiencia de la producción de frijol en el estado Portuguesa en Venezuela, utilizaron el método DEA.

Así mismo, la función de producción Cobb Douglas (Cobb y Douglas, 1928) se ha utilizado en otros estudios para determinar la eficiencia técnica de la producción agrícola (Perdomo y Hueth, 2011; Martínez *et al.*, 2021). La evidencia empírica de la teoría de la producción, a través de la función Cobb Douglas, permite determinar las contribuciones que hace cada factor de producción que se representan también como una frontera de posibilidades de producción, donde el productor tiende a obtener las mayores cantidades de producto con las mismas cantidades de insumos y en la medida que haya incrementos en el producto, se puede afirmar que el productor es racional al momento de asignar recursos a la producción.

Sin embargo, a pesar de que se han realizado trabajos de caracterización tecnológica y socioeconómica en frijol, no se ha indagado acerca de la racionalidad del productor al momento de decidir usar los recursos para la producción por lo que este trabajo tuvo como objetivo determinar y analizar la eficiencia técnica en el uso de los recursos por parte del productor que cultiva frijol zaragoza en los Departamentos del Cesar y la Guajira.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis de la eficiencia técnica en el cultivo del frijol zaragoza se tomaron los datos en campos en dos zonas productoras de la Región Caribe, correspondientes a los departamentos de La Guajira y Cesar (Colombia). En la Guajira se realizó el estudio en el municipio de Barrancas ubicado a 10°57'21" N, 72°47'31" W, y en el Cesar se llevó a cabo en el municipio de Río de Oro ubicado a 8°17'30" N, 73°23'14" W.

En este trabajo, se usó el método de frontera estocástica (que especifica tanto una distribución para la eficiencia como para las variaciones aleatorias en la estructura del error de la frontera estimada), con estimaciones por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), el cual es ampliamente conocido en investigaciones empíricas con modelos econométricos con la función Cobb Douglas.

En este caso, se hizo una relación funcional mediante un modelo tipo Cobb Douglas igual que Tancara (2019) en el caso de la cebolla en Perú, bajo la premisa de que el agricultor actúa racionalmente y será más eficiente en la medida que obtenga mayores rendimientos en la unidad productiva, y que utilice menor cantidad de insumos.

Los pasos secuenciales en el análisis de la eficiencia fueron: a) definición de las variables y la consistencia estadística mediante pruebas de correlación, b) construcción del modelo teórico que obedece a la teoría neoclásica de la función de producción tipo Cobb Douglas, c) formulación del modelo matemático, d) estimación de parámetros por el método de MCO e interpretación de los resultados.

La información se obtuvo del trabajo de campo realizado en las zonas productoras de los departamentos de La Guajira y el Cesar de la Región Caribe. El instrumento fue una encuesta estructurada que contenía varios capítulos, uno sobre aspectos socioeconómicos, otro sobre aspectos técnicos y un tercero sobre aspectos de mercado o destino de la producción; en total se analizaron ocho variables. La encuesta fue aplicada a 32 agricultores de igual número de unidades productivas con experiencia en el cultivo del frijol.

Para estimar el tamaño de la muestra se utilizó la metodología mencionada por Rodríguez (2005), consistente en el tipo de muestreo aleatorio simple, seleccionando los agricultores al azar, técnica usada para muestras pequeñas. Se determinó el número de encuestas a aplicar, tomando como universo el número de agricultores que cultivan frijol zaragoza en la región productora. La fuente

estadística de los datos tuvo su origen en las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA, 2018), para un número total de 190 agricultores que constituyó el universo para el cálculo de la muestra, la variable de muestreo y el tamaño de área cultivada. Con los que siembran más de 1 ha (70 %) y los que siembran menos de 1 ha (30 %), de acuerdo con Rodríguez (2005), se procedió a aplicar la siguiente fórmula:

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

Dónde:

N: Número total de agricultores que siembran frijol zaragoza (190)

Z: Nivel de confianza elegido para el cálculo 95 % (1,96)

p: Agricultores con área cultivada mayor de 1 ha (133)

q: Diferencia entre la población total y el número de agricultores con áreas cultivadas menor a 1 ha (57)

La muestra (n) fue de 32 agricultores a los cuales se les aplicó la encuesta.

Para la medición de la eficiencia técnica en frijol zaragoza se aplicó la función de producción de la forma funcional Cobb-Douglas (1928). La forma general de esta función es:

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

Donde:

Y: Producción Total de frijol zaragoza ha<sup>-1</sup>, expresada en unidades físicas

K: Factor Capital

L: Trabajo

$\alpha$ : Cambio en Y cuando cambia el factor capital

$\beta$ : Cambio en Y cuando cambia el factor trabajo

En forma general, los símbolos  $\alpha$  y  $\beta$  representaron las elasticidades, es decir, el cambio que experimenta la producción física de frijol zaragoza, en este caso por un cambio en una unidad del factor trabajo y el factor capital. Cuando este valor es mayor que 1, se presentan rendimientos a escala creciente. Esta es una forma general adoptada en este caso, las

cuales se desagregan en los factores que intervienen en la producción de este producto específico.

Para la estimación de los parámetros de las variables exploratorias de la producción de frijol zaragoza en las regiones productoras del Caribe, se usó el método de MCO. Se partió de una función lineal y se realizó la linealización de acuerdo con Toro *et al.* (2010), mediante el uso de logaritmos naturales. Es decir, los datos originales fueron transformados en logaritmo natural, y se propuso la siguiente ecuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_3 \ln x_3 + \beta_4 \ln x_4 + \varepsilon_1 \quad (2)$$

Dónde:

ln: Logaritmo natural

Y: Cantidad de frijol producido (kg)

X1: Semilla (kg ha<sup>-1</sup>)

X2: Mano de obra (jornales ha<sup>-1</sup>)

X3: Control de malezas

X4: Fertilizante (kg ha<sup>-1</sup>)

X5: Área (ha)

b0 – b4: Parámetros a estimar (coeficientes de regresión)

$\varepsilon_i$ : Término de error compuesto definido como  $V_i - U_i$

Para el caso de la ineficiencia, se consideraron los factores que afectan en forma negativa la eficiencia de la producción de frijol zaragoza y que tienen que ver más con las características socioeconómicas como la edad, la escolaridad, la experiencia.

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \varepsilon_1 \quad (3)$$

Donde:

y = Ineficiencia técnica

$\alpha_1$  = Edad (años)

$\alpha_2$  = Experiencia en el cultivo (años)

$\alpha_3$  = Área cultivada (ha)

$\alpha_4$  = Educación nivel educativo (años cursados)

$\varepsilon_i$  = Término de error

$\alpha_0 - \alpha_3$  = parámetros a estimar

Para estimar los parámetros se usó el método de MCO 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 32 agricultores que

siembran frijol zaragoza, esto con el fin de facilitar los cálculos y los análisis como correlación y estadística descriptiva. Los datos originales se transformaron en logaritmo neperiano para que los parámetros fueran expresados como elasticidades de cada una de las variables explicatorias de la producción de frijol zaragoza.

La relación entre la producción real obtenida y la producción potencial permitió calcular la eficiencia técnica, que no es más que la frontera de posibilidades de producción cuando deciden usar mayores o menores cantidades del insumo. En estas circunstancias, una subutilización de un factor contribuye a que la producción real se aleje de la producción potencial, generando brechas tecnológicas.

$$T = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Potencial}} \quad (4)$$

Con los cálculos realizados con 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

El sistema de producción de frijol zaragoza se realiza mediante el modelo de agricultura familiar, donde el 80 % de los costos son en insumos que obtienen de la unidad productiva, la mano de obra, para labores de siembra y mantenimiento del cultivo, en un 90 % es familiar. El área dedicada al cultivo está entre 0,1 ha hasta 4 ha, con una moda de 2 ha. La experiencia en el cultivo, como promedio, es de 12 años.

En la tabla 1 se presentan algunas de las características socioeconómicas de los agricultores según la encuesta aplicada en las zonas productoras de frijol zaragoza en la Región Caribe.

De acuerdo con la tabla 1, la muestra encuestada estuvo formada en su mayoría por personas del sexo masculino (81 %), con una baja participación del sexo femenino (19 %). El nivel educativo fue medio, porque entre los

**Tabla 1.** Características socioeconómicas de los agricultores que cultivan frijol zaragoza en la Región Caribe

Características	Frecuencias
<b>Género</b>	
Masculino	26
Femenino	6
<b>Educación</b>	
Ninguna	7
Primaria	15
Bachillerato	10
<b>Edad</b>	
Promedio de 48 años	32
Menos de 50 años	20
Más de 50 años	12
<b>Experiencias</b>	
Promedio de 17 años	32
Menos de 3 años	14
Más de 3 años	18

encuestados ninguno manifestó tener estudios universitarios, y un 21 % manifestaron no haber cursado un solo año de estudios (7 encuestados). La edad promedio fue de 48 años, lo cual es característica general de la agricultura, pues los jóvenes abandonan el campo muy temprano y la agricultura envejece. Se apreció experiencia en el manejo técnico del cultivo (con un promedio de 17 años de experiencia), lo cual es favorable para este tipo de estudios porque se pueden combinar los saberes ancestrales con las técnicas modernas que genera la investigación.

Resultados similares informaron Martínez *et al.* (2020a), para el caso del frijol caupí, donde la mano de obra en la mayoría fue familiar, la edad promedio fue de 55 años, los años de experiencia promedio fueron de 11 años, y el 58 % de los productores tenían un nivel de escolaridad básica primaria. En los dos casos, la edad promedio de los agricultores fue inferior a la reportada por Joshua *et al.* (2019) para el frijol caupí en Nigeria, con edad promedio de los agricultores de 35 años.

Las variables socioeconómicas estudiadas como la edad, la escolaridad y la experiencia, permiten entender que se trata de agricultores con edades promedio de 48 años, lo cual es común en trabajos similares en otros sistemas para la región Caribe (Martínez-Reina *et al.*, 2019; Martínez *et al.*, 2020b). Resultados informados para el frijol caupí en Nigeria mostraron que la edad promedio de los productores fue menor, pero con un tiempo de manejo similar de 15 años (Joshua *et al.*, 2019). Por su parte, es menor el porcentaje de nivel de escolaridad básica primaria que alcanzaron los

productores (Martínez *et al.*, 2020b), con respecto a los productores de frijol caupí en Nigeria (Joshua *et al.*, 2019).

El nivel educativo es medio, porque entre los encuestados ninguno manifestó tener estudios universitarios, y un 21 % manifestó no haber cursado un solo año de estudios. Esa situación se compara con lo que encontró Orewa y Izekor (2012) en Nigeria, quien registró que un 45,5 % de los agricultores encuestados que habían cursado educación secundaria, no todos la completaron, y el 35,56 % tenía educación primaria.

Los resultados de la regresión por el método de mínimos cuadrados y la estimación de parámetros se pueden apreciar en la tabla 2.

De acuerdo con la regresión de la estimación de los parámetros de las variables explicatorias (Tabla 2), se permitió construir una función de producción, la cual indicó que con esta producción por hectárea con los insumos utilizados hay ineficiencia, dando indicios de un uso irracional de algunos factores de producción. Además, la suma de los coeficientes de las variables independientes es menor que uno, lo que indica que hay rendimientos a escala decreciente.

Seguidamente, se explica el valor de los parámetros que corresponden a los valores  $\beta$  de la función, es de notar que se espera que haya tantos parámetros como variables explicatorias hayan sido incluidas en el modelo. Como los valores de las variables fueron transformados en logaritmo natural, los resultados de los parámetros se interpretan como elasticidades, es decir, manteniendo las demás variables sin cambios y variando una, la cantidad producida

**Tabla 2.** Resultados de la regresión modelo Cobb Douglas para el caso del frijol zaragoza en las zonas productoras de la Región Caribe 2020

Variable	Coefficiente	Error Std.	t-Statistic	Prob.
C (intercepto)	-1,693423	1,858785	-0,911038	0,3706
Semilla	-1,142981	0,985013	-1,160372	0,2564
MDO*	2,269624	1,029839	2,203862	0,0366
Malezas	1,075029	0,752505	1,428600	0,1650
Fertilizante	-0,279046	0,606761	-0,459895	0,6494
Área	0,572773	0,253662	2,258017	0,0326

\*MDO: Mano de obra

cambia. También, se advierte que no siempre los cambios en la producción se dan de igual forma como cambiaron los insumos.

En el caso del modelo que se formuló para el frijol zaragoza, la producción estuvo determinada por el uso de la semilla expresada en  $\text{kg ha}^{-1}$  y también por la calidad de ésta. En este caso, el valor del parámetro  $-1,142981$  indica que puede haber subutilización de la semilla y en algunos casos su calidad no es la mejor.

El comportamiento del coeficiente semilla (Tabla 2), que también presente un efecto negativo ( $-1,142981$ ) con valor  $t$  de  $-1,160372$ , sugiere que una disminución en este factor traería como consecuencia una disminución en el rendimiento. Estos resultados son contrarios a los de Wahid *et al.* (2017), en un estudio de estimación de la eficiencia técnica de los productores de tomate en Malakand, Pakistán, que mostraron que las plántulas tienen efecto muy significativo en la producción, registrando un coeficiente  $1,02$ , infiriendo que al aumentar un  $1\%$  el número de plántulas habrá un aumento del  $1,02\%$  en la producción.

La mano de obra con un valor del parámetro de  $2,269624$  quiere decir que, si se aumenta en una unidad de trabajo, es posible conseguir aumentos en más de una unidad en la producción. Esto se explica por el hecho de que, en el cultivo del frijol, las actividades se hacen en su mayoría de forma manual.

Con relación a las malezas, se hizo referencia al manejo manual de malezas que es el que más predomina en el área productora de frijol. En este sentido, el valor del parámetro de  $1,075029$  quiere decir que con aumentar el control se ven afectados positivamente los rendimientos del frijol.

En el caso del fertilizante, un valor del parámetro de  $-0,279046$  quiere decir que no por agregar más fertilizante al cultivo, los rendimientos van a ser mayores. En este caso se explica por la presencia de los rendimientos marginales decrecientes.

En la variable fertilización se evidencia que, de acuerdo con los resultados obtenidos, un aumento en esta variable disminuye los rendimientos, resultados que pueden estar

sustentados en estudios realizados por Ismail *et al.* (2010), donde afirman que el exceso de fertilización y el déficit hídrico, entre otros, inciden en la disminución del rendimiento. Sin embargo, es necesario notar que la producción no solo está relacionada con la fertilidad del suelo, también depende de aspectos propios de la planta como la genética y las relaciones de esta con el medio ambiente.

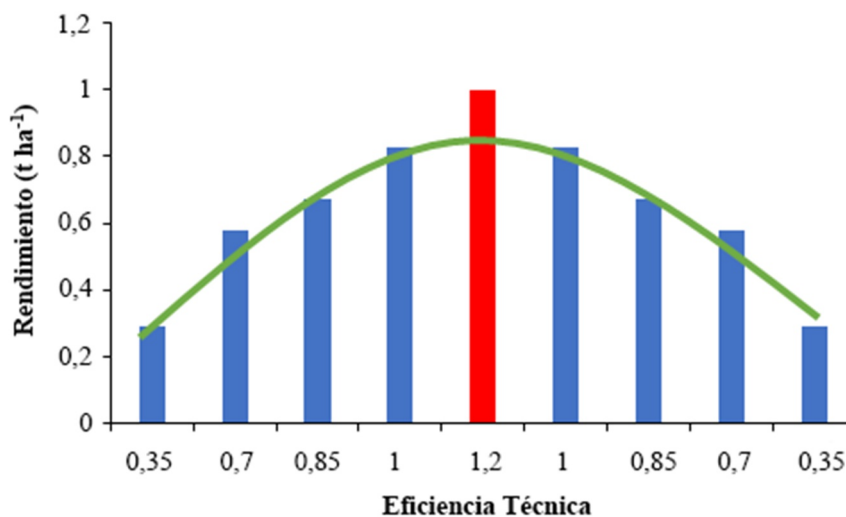
El área cultivada, con un valor del parámetro de  $0,572773$ , indica que, al incluir más área en la unidad productiva, el cultivo va a experimentar mayores cantidades producidas, tal vez por efecto de los rendimientos.

Los resultados de la interpretación del valor de los parámetros, permitieron inferir que la subutilización del fertilizante, sin previo análisis de suelo, afecta negativamente la eficiencia del cultivo, pero un manejo adecuado de malezas y una intensificación de las labores para atender el cultivo, podría mejorar las cantidades producidas de frijol zaragoza en las zonas de estudio.

El cálculo de la eficiencia técnica resulta de relacionar la producción potencial con la producción real. En el caso del frijol zaragoza, la producción real fue de  $0,85 \text{ t ha}^{-1}$ , en tanto que la producción potencial fue de  $1,2 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 1). En estas circunstancias en la medida que la producción potencial sea menor que la producción real, se generan brechas tecnológicas.

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  $0,85 \text{ t ha}^{-1}$ , la eficiencia fue de  $0,67$ , lo cual indica que le falta  $0,33$  para alcanzar la eficiencia que corresponde a un rendimiento de  $1,2 \text{ t ha}^{-1}$ , generando una brecha de producción de  $0,35 \text{ t ha}^{-1}$ . De esta forma, con los rendimientos reales, esta eficiencia no puede ser alcanzada, lo cual se explica por factores como la semilla y el fertilizante, donde se presume que se está subutilizando el uso de ambos insumos.

Al comparar los resultados encontrados en el análisis de la eficiencia técnica en el cultivo del frijol zaragoza en la Región Caribe de Colombia con el trabajo de Márquez *et al.*



**Figura 1.** Variables climáticas durante el desarrollo de los experimentos, enero- abril de 2020

(2015), en el estado Portuguesa en Venezuela, a pesar de que usan la técnica de Análisis Envoltante (ADE), se encontró una eficiencia técnica del 81,2 %, en tanto que para este estudio fue de 67 %. Además, se encontró que, al agregar cantidades de insumos, no es posible aumentar la eficiencia técnica. El presente trabajo del frijol zaragoza demostró que las variables manejo de malezas y la intensificación de labores, puede contribuir a aumentar la eficiencia de la producción de frijol.

### Determinantes de la ineficiencia técnica

Para los análisis de la ineficiencia del cultivo del frijol zaragoza se tuvieron 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 3.

La tabla 3 contiene la salida producto de la

estimación de los parámetros de la función que mide la ineficiencia, entendida como aquellos que impiden o sirven de freno en el aumento de las cantidades producidas de frijol zaragoza. 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 edad 0,115283, indica que entre más edad tienen los agricultores conocen mucho más el cultivo, pero también serían más reacios al momento de incluir nuevas tecnologías a su cultivo y frenarían las posibilidades de aumentar la eficiencia o simplemente no están interesados en modificar sus acciones.

La variable experiencia en el cultivo, con un valor del parámetro de 0,237392, podría interpretarse en la misma dirección que en el caso de la edad. Es de recordar que estas variables están correlacionadas positivamente,

**Tabla 3.** Resultados de la regresión para medir la ineficiencia del sistema de producción de frijol zaragoza en los departamentos del Cesar y la Guajira, Región Caribe en 2020

Variable	Coficiente	Error Std.	t-Statistic	Prob.
C	-0,548541	1 591 833	-0,344597	0,7331
Edad	0,115283	0,422069	0,273137	0,7868
Experiencia	0,237392	0,137472	1,726832	0,0956
Área	1 124 027	0,112338	1,000578	0
Educación	-0,091582	0,169032	-0,541803	0,5924



debido a que a más edad más experiencia, pueden los agricultores con más experiencia no admitir cambios a su sistema de producción.

El área cultivada con un valor del coeficiente de 1 124 027 podría entenderse que no por aumentar el área cultivada podría aumentar la eficiencia. En realidad, no está probada la presencia de economías de escala en agricultura como lo demostró el trabajo de Márquez *et al.* (2015), en el caso del frijol en Venezuela.

En lo que respecta al nivel de escolaridad o grado de educación de los agricultores, el valor del parámetro correspondió a -0,091582, lo cual significa que los agricultores con más años de estudio y mejor instruidos tienden a ser más eficientes.

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, a pesar de que se presentaron rendimientos a escala creciente con un valor mayor que 1. Sin embargo, se advierte la presencia de brechas tecnológicas del 67 %, lo que significa que la producción podría mejorar con una racionalidad en el uso de la semilla, planes de fertilización basados en análisis de suelos y requerimientos del cultivo, y un mejor manejo de malezas.

Iguales resultados se evidenciaron en los trabajos de Márquez *et al.* (2015) en Venezuela, con la técnica de análisis envolvente de datos, quien calculó una eficiencia técnica de 81,2. De acuerdo con los resultados de este estudio, se puede aumentar la producción de frijol en 23,1 %, sin aumentar la cantidad de insumos aplicados actualmente. Por su parte, en este trabajo del frijol zaragoza se demostró que se puede aumentar la producción, si cada unidad productiva aumenta el área, siempre y cuando los coeficientes técnicos de producción no bajen y se mejore el uso de algunos factores como el fertilizante y se haga un mejor control manual de malezas.

Al analizar los resultados de los rendimientos y a la eficiencia técnica encontrada en este trabajo, se podría inferir en que existe la posibilidad de mejorar el sistema productivo de frijol zaragoza haciendo un mejor uso de la

semilla (semilla de calidad y desinfección de la semilla), de los fertilizantes y otras prácticas agronómicas que no se incluyeron en este estudio. Khan y Shoukat (2013) y Abate *et al.* (2019), en estudios en tomate en Pakistán y pimiento en Etiopía, respectivamente, indicaron que la eficiencia técnica a corto plazo podría aumentarse reduciendo los insumos utilizados en la producción, como también utilizando prácticas técnicamente adecuadas y eficientes.

## CONCLUSIONES

Los agricultores de frijol zaragoza demuestran racionalidad al momento de asignar los factores de producción, sin embargo, aún persisten brechas tecnológicas, lo cual es explicado por la subutilización de la semilla y la fertilización sin ningún criterio técnico como análisis de suelos y requerimientos nutricionales del cultivo. Con los rendimientos modales de 0,85 t ha<sup>-1</sup>, es posible generar excedentes económicos, sin embargo, la producción actual genera una eficiencia técnica del 70 %, dando la posibilidad de optimizar, con una mejor asignación de recursos como la semilla, el fertilizante y un buen manejo de actividades culturales como el control de las malezas. Dentro de las características socioeconómicas de los productores se destaca la experiencia en el cultivo, la cual se podría aprovechar combinando los saberes ancestrales con la tecnología generada, con el fin de racionalizar el uso de los recursos subutilizados con una mejor asignación al momento de producir.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece principalmente a los agricultores de frijol zaragoza de los departamentos de La Guajira y El Cesar en la Región Caribe por la paciencia y disposición en el suministro de la información. Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), “Ajuste a los sistemas productivos de variedades mejoradas hortícolas priorizadas para el Caribe colombiano con beneficio a la comercialización y mitigación del impacto ambiental” y a la

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Antonio Maria Martínez Reina:** Formuló el proyecto, recolectó datos en campo, estimó los modelos y redactó el documento final.

**Carina Cecilia Cordero Cordero:** Recolectó información en campo, construyó la base de datos y redactó el documento final.

**Adriana Patricia Tofiño Rivera:** Aportó en la conceptualización sobre el manejo agronómico del frijol, procesamiento de información y aportó a la redacción del documento final.

## BIBLIOGRAFÍA

ABATE, T., DESSIE, A. y MEKIE, T. 2019. Technical efficiency of smallholder farmers in red pepper production in North Gondar zone Amhara regional state, Ethiopia. *Economic Structures*, 18 (8): 1-18.

COBB, C. W. y DOUGLAS, P. H. 1928. A theory of production. *American Economic Review*, 18, 139-165.

DE LOS RÍOS, C. 2006. La eficiencia técnica en la agricultura peruana: (el caso del algodón Tanguis en los valles de Huaral, Canete y Chincha). *Debate Agrario: Análisis y Alternativas*, 40-41: 141-168.

ISMAIL, S., TAHA, F. y REHMAN, K. 2010. Plant based management of saline environments. In: Thomas, R. (Ed.) *Proceedings of the Global Forum on Salinization and Climate Change*. FAO, Valencia, España, pp. 42-42.

JOSHUA, T., ZALKUWI, J. y AUDU, M. M. 2019. Analysis of cost and return in Cowpea Production: A case study Mubi South Local Government Area of Adamawa State,

Nigeria. *Agricultural Science and Technology*, 11 (2): 144-147.

KHAN, R. y SHOUKAT, G. 2013. Technical efficiency of tomato production: a case study of district Peshawar (Pakistan). *World Applied Sciences Journal*, 28 (10): 1389-1392.

MÁRQUEZ, T. E., VELASQUEZ, A. R., FLORES, J. E., *et al.* 2015. Factores determinantes en la eficiencia técnica de explotaciones de frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (SPE11): 2067-2073.

MARTÍNEZ, A. M., TORDECILLA, L., GRANDETT, L., *et al.* 2020a. Frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp): Perspectiva socioeconómica y tecnológica en el Caribe colombiano. *Ciencia y Agricultura*, 17 (2): 12-22.

MARTÍNEZ, A., CORREA, E., ROMERO, J., *et al.* 2020b. *El cultivo de hortalizas en la región Caribe de Colombia: Aspectos tecnológicos, económicos y de mercado*. Agrosavia, Mosquera, Colombia, 156 p.

MARTÍNEZ, A., GRANDETT, L., TORDECILLA, L., *et al.* 2021. Technological and socio-economic analysis of the local production system of the pink Zaragoza bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Caribbean of Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 15 (1): e11520.

MARTÍNEZ-REINA, A. M., TORDECILLA-ZUMAQUE, L., GRANDETT-MARTÍNEZ, L., *et al.* 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. *Revista Ciencia y Agricultura*, 16 (3): 17-34.

OREWA, S. y IZEKOR, O. 2012 Technical efficiency analysis of yam production in Edo state: A stochastic frontier approach.

- International Journal of Development and Sustainability*, 1 (2): 516-526.
- 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.
- RODRÍGUEZ, J. 2005. *Métodos de muestreos, casos prácticos*. Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, España, 179 p.
- RODRIGUEZ, R., BRUGIAFREDO, M. y RAÑA, E. 2017. Eficiencia técnica en la agricultura familiar: Análisis envolvente de datos (DEA) versus aproximación de fronteras estocásticas (SFA). *Revista Electrónica Nova Scientia*, 9 (1): 342-370.
- TANCARA, 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.
- TELIKICHERLA, M., NAIKA, M., KANDANGATH, A., et al. 2018. *In vitro* therapeutic properties of different fractions of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by the distribution of phytochemicals. *Journal of Food Biochemistry*, 42 (2): e12485.
- TOFIÑO, A., TOFIÑO, R., CABAL, D., et al. 2011. Evaluación agronómica y sensorial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 13 (2): 161-177.
- TORO, P., GARCÍA, A., AGUILAR, C., et al. 2010. Evaluación de la sustentabilidad en Agroecosistemas. *Archivos de Zootecnia*, 59 (R): 71-94.
- ULLOA, J. A., ROSAS, P., RAMÍREZ, J. C., et al. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3 (8): 5-9.
- VOYSEST, O. 2000. *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. CIAT, Cali, Colombia, 195 p.
- WAHID, U., ALI, S. y HADI, N. A. 2017. On the estimation of technical efficiency of tomato growers in Malakand, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 33 (3): 357-365.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.