

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO, COLOMBIA

Economic and financial analysis in the pea production system (*Pisum sativum* L.) in Nariño, Colombia

Housseman Steven Ramos-Zambrano¹, Marcela Elizabeth Riascos-Delgado²,
Jeisson Rodríguez-Valenzuela³, Álvaro Mauricio Cadena-Pastrana⁴

RESUMEN

El sistema productivo de arveja en el departamento de Nariño, Colombia, constituye un pilar importante dentro de las estrategias de vida de las familias nariñenses, representando una buena porción del paisaje altoandino. Sin embargo, a pesar de su importancia, persiste una notoria insuficiencia de información en aspectos como los costos directos, indirectos, rentabilidad y demás variables económicas clave, para el desarrollo de este sistema productivo y para la toma de decisiones, particularmente, en el contexto nariñense actual. Por tanto, este estudio tiene como propósito llevar a cabo un análisis económico y financiero detallado, centrado en los productores participantes del proyecto Balance Social de AGROSAVIA, con el fin de facilitar un entendimiento profundo sobre la dinámica de este sistema productivo. Para ello, se realizaron 38 entrevistas semiestructuradas con productores adoptantes de variedades Agrosavia Obonuco Andina y Agrosavia San Isidro entre los años 2019 a 2022, los productores fueron identificados mediante estrategia de bola de nieve y referencias de actores claves territoriales. El análisis involucró cálculos de ratios económicos y financieros, costos de producción y la aplicación de un modelo econométrico basado en la función Cobb-Douglas, utilizando mínimos cuadrados ordinarios para evaluar la eficiencia e ineficiencia del cultivo. Los hallazgos revelan un aumento anual de los costos de producción del 9.5 %, una rentabilidad financiera del 35 % según la tasa interna de retorno (TIR), y una eficiencia técnica de 1.67. Factores como semilla y la mano de obra ejercieron una influencia preponderante en la productividad, mientras que aspectos como el área de producción y la edad mostraron ineficiencias, por lo que se requiere estrategias de gestión más eficiente de los recursos físicos disponibles, involucramiento más activo de la familia y estrategias de gestión y apropiación de conocimientos y tecnologías con un enfoque intergeneracional.

Palabras clave: costos, eficiencia, agricultura familiar, rentabilidad, sostenibilidad.

ABSTRACT

The pea production system in the Department of Nariño, Colombia, constitutes an important pillar within the life strategies of Nariño families, representing a good portion of the high Andean landscape. However, despite its importance, there remains a notable lack of information in aspects such as direct and indirect costs, profitability, and other key economic variables, for the development of this productive system and for decision making, particularly in the Nariño context. current. Therefore, the purpose of this study is to carry out a detailed economic and financial analysis, focused on the producers participating in the AGROSAVIA Social Balance project, to facilitate a deep understanding of the dynamics of this productive system. To this end, 38 semi-structured interviews were carried out with producers adopting Agrosavia Obonuco Andina and Agrosavia San Isidro varieties between the years 2019 to 2022. Producers were identified through the snowball strategy and references from key territorial actors. The analysis involved calculations of economic and financial ratios, production costs and the application of an econometric model based on the Cobb-Douglas function, using ordinary least squares to evaluate the efficiency and inefficiency of the crop. The findings reveal an annual increase in production costs of 9.5 %, a financial profitability of 35 % according to the internal rate of return (IRR), and a technical efficiency of 1.67. Factors such as seed and labour exerted a predominant influence on productivity, while aspects such as production area and age showed inefficiencies, which is why more efficient management strategies for available physical resources, more active involvement of the family and management strategies and appropriation of knowledge and technologies with an intergenerational approach.

Keywords: costs, efficiency, family farming, profitability, sustainability.

¹ ✉ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-7959-9834>. hramos@agrosavia.co

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-0573-2748>. meriascos@agrosavia.co

³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-2186-8805>. jrodriguezv@agrosavia.co

⁴ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3836-5171>. amcadena@agrosavia.co

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario es relevante y dinámico en la economía colombiana, debido a que genera más del 80 % de los alimentos que se consumen, y tiene una participación en el PIB de aproximadamente 6.3 % durante el periodo 2005-2020 (Martínez et al., 2022a). En este contexto, la horticultura reviste una importancia significativa en la productividad y la seguridad y soberanía alimentaria nacional, contando con una alta diversidad de cultivos que definen diversas dinámicas socioprodutivas, culturales y gastronómicas propias en cada una de las regiones del país. La horticultura nacional cuenta con un crecimiento sostenido en el mercado internacional (4 %), un incremento del consumo per cápita nacional (248 g día⁻¹ en 2017), un área de producción alta (254 925 ha) con relación a otros cultivos, y genera alrededor del 10 % del total del empleo directo agrícola y 15 % del indirecto (Sáenz, 2020; Ortega et al., 2022).

Dentro de la horticultura, la arveja (*Pisum sativum* L.), es un alimento protagonista en la dieta colombiana, siendo el departamento de Nariño el primer productor a nivel nacional, con una participación del 31 % del mercado, área total sembrada de 6.900 ha y producción de 44.160 t (FENALCE, 2023; Zuluaga et al., 2023). Así mismo, este sistema productivo desempeña un papel fundamental en la economía familiar nariñense y en su historia regional ha contado con una serie de alternativas tecnológicas y procesos de investigación y desarrollo, contribuyendo a la mejora productiva, especialmente en el área de fitomejoramiento, mediante variedades de arveja con alto rendimiento y mejor arquitectura de planta, un ejemplo de ello, son las variedades Agrosavia Obonuco Andina, Agrosavia Obonuco San Isidro, variedades con gen Afila, entre otras (Zuluaga et al., 2023; Ramos-Zambrano et al., 2023; Checa et al., 2021; Riascos y Checa, 2018).

Históricamente, se han llevado a cabo diversos procesos de fortalecimiento organizativo y técnico del sistema productivo de arveja en el departamento de Nariño, para destacar algunos ejemplos, la producción de semilla de arveja, o la identificación de nichos especializados para la producción, que han facilitado un entendimiento más amplio del sistema productivo por los actores involucrados, la generación de tecnologías sociales y organizativas que sugieren un escenario favorable de rentabilidad de la arveja en comparación con otros sistemas productivos agrícolas en la región, como la papa (*Solanum tuberosum*), frijol

(*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*), y otras hortalizas (Torres et al., 2020; Álvarez et al., 2019).

Sin embargo, la adopción e implementación de estas tecnologías pueden suponer un desafío muy importante a las familias de pequeños productores de arveja, por cuanto, suponen una inversión de recursos económicos y una mayor y mejor planificación del sistema productivo, para lo cual es necesario contar con elementos que reduzcan la incertidumbre y orienten la mejor toma de decisiones con unos criterios claros y precisos que garanticen la sostenibilidad de inversiones y actividades propias en el mercado; de lo contrario, pueden existir riegos asociados como: sobre costo, reducción de la rentabilidad y sostenibilidad del sistema (Cadena et al., 2022; Altieri y Nicholls, 2020).

Sumado a ello, la especialización productiva y el incremento de áreas de producción de arveja en la región, sin contar con una adecuada planificación, servicios de extensión agropecuaria y apropiación de tecnologías sostenibles, han conllevado a una mayor presión de plagas y enfermedades, desgaste de recursos naturales en el entorno y un sistema productivo altamente dependiente de insumos sintéticos costosos, como agroquímicos y fertilizantes edáficos (Cadena et al., 2022). En consecuencia, existe vulnerabilidad sobre la rentabilidad y sostenibilidad del sistema productivo arveja, mucho más en un contexto agropecuario nacional, que presenta alta dependencia de insumos importados necesarios para la producción agrícola (Zuluaga et al., 2023; Guirguis et al., 2022; Bonet et al., 2020; Gutierrez, 2017).

Por lo anterior, es importante, determinar la dinámica económica y financiera de los productores, a partir de la estimación de eficiencia, y con ello, identificar alternativas de solución o de fortalecimiento que contribuyan a una mejor rentabilidad y sostenibilidad del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó en la región con mayor área del sistema productivo de arveja, conocida como Ex Provincia de Obando, localizada en el extremo suroccidental de los Andes colombianos (Figura 1), en el departamento de Nariño. Se caracteriza por presentar una altitud promedio de 2 898 m s.n.m., una zona de vida de bosque altoandino, relieve variado y suelos cubiertos con mantos de ceniza volcánica, con

precipitaciones que oscilan 800 y 2 200 mm (Checa et al., 2021). Este nicho agroecológico es considerado

adecuado para el cultivo de la arveja, permitiendo obtener producciones entre las 8 y 12 t ha⁻¹.



Figura 1. Área de estudio en el departamento de Nariño.

Recolección y análisis de la información

La investigación fue de tipo descriptivo con un enfoque mixto (cualitativo - cuantitativo), de acuerdo con la metodología descrita por Cadena et al. (2022). Se realizó a partir de la construcción y análisis de 42 estudios de caso a actores clave del sistema productivo de arveja en el departamento de Nariño, del total de estudios de caso, 38 corresponde a productores agropecuarios, dos (2) a investigadores de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia y dos técnicos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales - FENALCE.

Para la selección de los estudios de caso, se realizó una técnica de muestreo determinístico intencional o dirigido, denominada “Bola de nieve” (Cadena et al., 2022; Ortega, et al., 2017; Torres et al., 2016), correspondiente a la identificación de actores clave de acuerdo con unos criterios preestablecidos por el equipo investigador, para el caso de esta investigación, los criterios fueron: participación del proceso de Balance Social de Agrosavia, adopción de las tecnologías de variedades de arveja Obonuco

Andina y Obonuco San Isidro, disponibilidad de tiempo, disposición a participar, condiciones de acceso, experiencia en el sistema productivo arveja y producción vigente en el momento de las visitas.

Los estudios de caso se realizaron entre los años 2019 y 2022 a través de entrevistas semiestructuradas (instrumento que consta de 24 preguntas), adaptando la metodología propuesta por Villarreal-Puga y Cid (2022), que permite identificar el contexto socioeconómico de la región, tal como el perfil del actor clave (género, edad, grado educativo, años de experiencia y tenencia de la tierra del productor) relación del actor clave con el sistema productivo, experiencias y conocimientos obtenidos de la práctica productiva, institucionalidad presente, y aspectos técnicos del cultivo como prácticas realizadas, insumos y recursos requeridos para las labores y costos estimados, entre otros (Castro et al., 2023; Anguita et al., 2002).

Estimación de costos de producción

Con el objeto de identificar las variaciones en las ganancias de los actores clave entrevistados, la

información se consolidó haciendo uso del software Microsoft Excel®. Posteriormente, se complementó y validó a través de grupos focales y talleres participativos con productores y actores clave, realizando la adaptación a la propuesta metodológica

de estimación participativa de costos y ratios económicos en sistemas de producción agropecuaria, propuesta por Martínez et al. (2020). A continuación, se presenta el esquema metodológico realizado:

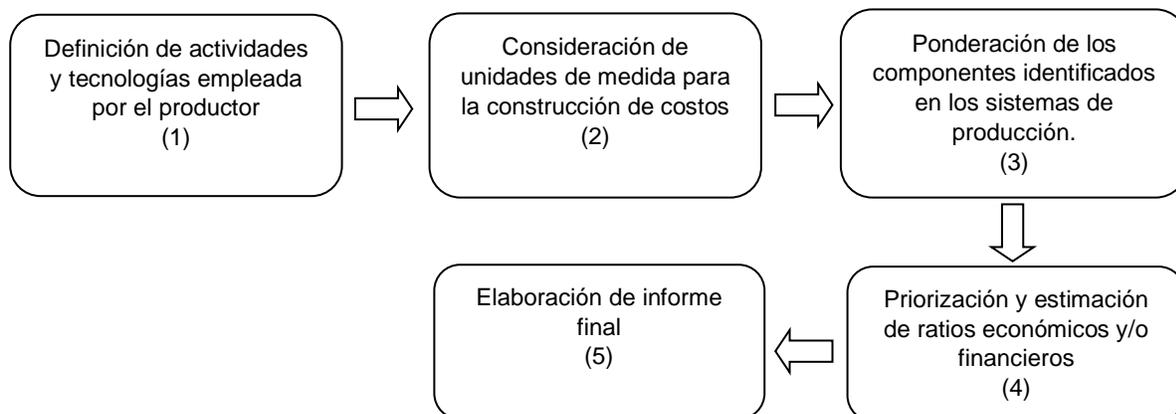


Figura 2. Proceso metodológico de estimación de costos y ratios económicos. Fuente: adaptado de Martínez et al. (2020).

Posteriormente, se trabajó con parámetros de costos directos e indirectos, y se estimaron algunos ratios económicos, tal y como se presenta en la Tabla 1. Todos los valores monetarios, se expresaron en dólares estadounidenses - USD, tomando como referencia el patrón de la divisa en Colombia (peso colombiano: COP) durante el año 2022, con una tarifa cambiaria de 1 USD equivalente a \$4 255 COP.

En la evaluación financiera, se utilizaron varios indicadores, como la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto (VPN) y el valor anual equivalente (VAE). Para estos cálculos, se consideraron supuestos como: los precios de venta de la arveja fresca (según lo informado por fuentes clave entrevistadas), tasa de

oportunidad basada en la tasa promedio anual del depósito a plazo fijo (DTF) del 8.3 % en 2022 (Banco de la República, 2022), rentabilidad esperada del 17.5 % (Corficolombiana, 2022) y una inflación esperada (π_e) del 9 % para el año 2022 (Bancolombia, 2023). Estos parámetros fueron fundamentales para calcular la tasa interna de oportunidad (TIO) (Ecuación 1).

$$TIO = DTFP_{90 \text{ días}} - \pi_e + Ke \quad [1]$$

Donde: TIO = tasa interna de oportunidad; DTFP = depósito a término fijo de 90 días, promedio 2022; π_e = inflación por el inversionista; Ke = rentabilidad esperada por inversionista.

Tabla 1. Indicadores económicos estimados en el sistema productivo de arveja.

Ratio	Ecuación	Índice	Donde	Autor
Costos directos (CD)	2	Ps+IO+HEd	Ps = preparación del suelo; IO = insumos y otros; HEd = herramientas y equipos depreciados	Martínez et al. (2019)
Costos indirectos (CI)	3	At+ATd+Tt+Adm	At = arriendo tierra; ATd = alimentación trabajadores por destajo; Tt = Transporte trabajadores; Adm = administración (8 % costos directos)	Martínez et al. (2019)
Costo total de producción (CP)	4	CD+CI	CD = costos directos; CI = costos indirectos	Martínez et al. (2022a)
Eficiencia técnica (ET)	5	$\frac{PV}{CU} * 100$	PV = precio de venta; CU = costo unitario	Martínez et al. (2022b)
Ingreso bruto (IB)	6	$\frac{R*PV}{Cpcc} * 100$	R = rendimiento; PV = precio de venta	Martínez et al. (2021a)
Rentabilidad técnica (RT)	7	$\frac{IB - Cpcc}{Cpcc} * 100$	IB: Ingreso bruto; Cpcc: Costos de producción	Martínez et al. (2020)

Costo-Beneficio (CB)	8	$\frac{CT}{B}$	CT = costo Total; B = beneficio	Mestra-Vargas et al. (2019)
Beneficio-Costo (BC)	9	$\frac{B}{CT}$	B = beneficio; CT = costo total	Mestra-Vargas et al. (2019)
Utilidad neta (UN)	10	IB-CT	IB = ingreso bruto; CT = costo total	Mestra-Vargas et al. (2019)
Valor presente neto (VPN)	11	$\sum_{i=1}^n \frac{vt}{(1+k)^t} - I_0$	V _t = flujos de efectivo en cada periodo t; I ₀ = valor del desembolso inicial de la inversión; n = cantidad de flujos netos de efectivos; i = flujo neto de efectivo del periodo uno; t = número de periodos considerados; k = tasa de descuento o rendimiento que puede obtenerse en otra alternativa	Insuasty-Córdoba et al. (2020)
Tasa interna de retorno (TIR)	12	$\sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$	F _n = flujo de efectivo en el periodo n; n = cantidad de periodos; i = inversión inicial; T = periodo inicial	Insuasty-Córdoba et al. (2020)
Valor anual equivalente (VAE)	13	$\frac{VPN * r}{1 - \frac{1}{(1+r)^n}}$	VPN = valor presente neto; r = tasa de descuento; n = cantidad de periodos	Meneses et al. (2019)
Tasa de crecimiento anual	14	$\left[\left(\frac{f}{s} \right)^{1/y} - 1 \right] \times 100$	f = valor final; s = valor inicial; y = cantidad de años	Insuasty-Córdoba et al. (2020)

Estimación eficiencia e ineficiencia técnica

Se empleo el método propuesto por Álvarez et al. (2019) y González et al. (2018), con el coeficiente de variación (CV) como criterio de selección, priorizando aquellas variables con un CV superior al 60 %. Este proceso permitió identificar parámetros clave para el análisis cuantitativo.

Posteriormente, se procedió a calcular un modelo econométrico para evaluar la eficiencia de la función de Cobb-Douglas (Ecuación 15), siendo las variables ajustadas a una transformación de logaritmo natural,

$$\ln y = \beta_0 + \beta_1 \ln ar + \beta_2 \ln slla + \beta_3 \ln jor + \beta_4 \ln fert + \varepsilon_1 \quad [16]$$

Dónde: ln = logaritmo neperiano; y = producción total de arveja en kilogramos; ar = área cultivada en hectárea; slla = semilla en kg ha⁻¹; jor = jornales; fert = fertilizante en kg ha⁻¹; β₀ = intercepto; β₁ a β₄ = parámetros a estimar; ε₁ = error estocástico.

$$\ln y = \alpha_0 + \alpha_1 ed + \alpha_2 escol + \alpha_3 ara + \alpha_4 exp + \varepsilon_1 \quad [17]$$

Dónde: ln = logaritmo neperiano; y = ineficiencia técnica; ed = edad (años); escol = escolaridad; ara = área cultivada en hectárea; exp = experiencia en el cultivo (años) α₀ = intercepto; α₁ a α₄ = parámetros a estimar y ε₁ = error estocástico.

Para validar los modelos estimados, se siguieron las recomendaciones propuestas por: Martínez et al. (2022b), Martínez et al. (2021b), Girón (2018) y Roco

con relación a lo mencionado por Mejía et al. (2023), a fin de expresar los resultados en elasticidades.

$$y = F(k, l) = Ak^\alpha l^\beta \quad [15]$$

Donde: y: producción total de arveja (kg ha⁻¹) expresada en unidades físicas; F: función de producción que depende de los factores capital (k) y trabajo (l); A: parámetro de escala que representa la productividad total de los factores; k: factor capital; l: factor trabajo; α: cambio en Y cuando cambia k; β: cambio en Y cuando cambia l.

En lo que respecta a la ineficiencia (Ecuación 17), se consideró aquellas variables que puedan tener efectos adversos en la producción de arveja entre ellos: edad, escolaridad, área de producción y experiencia en el sistema productivo.

et al. (2023). Se aplicó el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) (Ecuación 16) utilizando el software estadístico Eviews 12, donde se realizaron diversas pruebas estadísticas para evaluar el cumplimiento de los supuestos.

Debido al número limitado de datos en la muestra, se utilizó la Prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la distribución normal de los residuos, aceptando la

hipótesis nula de normalidad si el p-valor era superior a 0.05. Posteriormente, se verificó la ausencia de autocorrelación mediante las pruebas de Durbin-Watson (DW), donde valores cercanos entre 1.5 y 2.5 indicaban no autocorrelación y Breusch- Godfrey (LM), rechazando la hipótesis nula de no autocorrelación si el p-valor era inferior a 0.05.

La homocedasticidad, o varianza constante de los residuos se exploró a través de las pruebas de Breusch-Pagan y White, aceptando la hipótesis nula de homocedasticidad si el p-valor era superior a 0.05. Por su parte, para identificar problemas de multicolinealidad, se empleó el Factor de inflación de varianza (VIF) para cada variable independiente, considerando valores superiores a 10 como indicativos de multicolinealidad severa. Finalmente, la prueba de Ramsey fue utilizada para verificar la especificidad adecuada del modelo, rechazando la hipótesis nula de especificación si el p-valor era inferior a 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contexto socioeconómico de los productores encuestados

En la Tabla 2, se relacionan las principales características socioeconómicas de los actores claves entrevistados. Cabe resaltar la participación de productores de género masculino en el ejercicio, ya que, si bien, el sistema productivo de la arveja presenta una importante fuente de ingreso económico para las mujeres rurales del departamento de Nariño (Cadena et al., 2022), los hombres son quienes presentaron mayor disponibilidad de tiempo a las entrevistas. Una explicación a este suceso es que las entrevistas se llevaron a cabo en horas de la mañana, periodo en que muchas mujeres están ocupadas con labores domésticas. Se estima que aproximadamente 80 % de las mujeres rurales son las responsables en el suministro de la alimentación, mantenimiento del vestuario y cuidado de la familia, labores que generalmente se efectúan temprano en el día y que demandan alrededor de 5 horas diarias, antes de partir a trabajar en el campo (DANE, 2021).

Así mismo, los datos recopilados revelaron que los actores clave entrevistados tiene en promedio, 51 años, y un considerable 73.68 % posee solo educación de primaria básica. Estos indicadores subrayan la disparidad educativa y la edad avanzada en la población rural, acentuando la brecha

multidimensional entre las áreas rurales y urbanas. En particular, para 2019 esta brecha fue de tres puntos más alta en las áreas rurales (DANE, 2019).

A pesar de estas disparidades, el sistema productivo presenta ventajas considerables. Los agricultores han acumulado un valioso conocimiento a lo largo de casi dos décadas de trabajo agrícola, transmitido de generación en generación. Además, la tenencia de tierras les permite realizar cosechas durante todo el año mediante siembras escalonadas (Zuluaga et al., 2023).

Tabla 2. Perfil socioeconómico de los actores clave entrevistados.

Características	Participación
Género	
Masculino	78.95 %
Femenino	21.05 %
Educación	
Primaria	73.68 %
Secundaria	15.79 %
Técnico-Tecnólogo	2.63 %
Universitario	7.89 %
Edad	
Mínimo	23
Promedio	51
Máximo	78
Años de experiencia en el cultivo	
Mínimo	4
Promedio	21
Máximo	35
Tenencia de tierra	
Propia	50.0 %
Arrendada	31.58 %
Propia y Arrendada	18.42 %

Análisis económico (costos de producción e indicadores)

Los costos de producción del sistema productivo arveja mostraron una tasa de crecimiento anual del 9.5 % durante el periodo 2019 a 2022, alcanzando un promedio de USD 4 146.35. Dentro de estos, los directos, representaron la mayor carga económica, con un 79.9 % del costo total, identificando los insumos agropecuarios (46.3 %) y mano de obra (32.2 %) como los más significativos (Tabla 3). Este hallazgo coincide con la investigación de Torres et al. (2020), quienes también destacaron la mano de obra asociada al tutorado como uno de los aspectos más costosos del sistema productivo y que sumado a la edad de los productores entrevistados, puede significar un limitante socioproductivo a corto y mediano plazo.

Tabla 3. Costos de producción en dólares del sistema productivo arveja.

Actividad	2019	2020	2021	2022	TC* (%)	Participación porcentual promedio
	Dólares estadounidenses (USD)					
Preparación del suelo	58.75	58.75	56.40	56.40	-1.4	1.4
Mano de obra	1 370.15	1 220.92	1 229.96	1 521.74	3.6	32.2
Insumos y otros	1 547.69	1 666.97	2 004.21	2 462.82	16.7	46.3
Costos directos	2 976.59	2 946.64	3 290.57	4 040.96	10.7	79.9
Arriendo de tierra	470.04	470.04	470.04	470.04	0.0	11.3
Alimentación de trabajadores por destajo	14.10	14.10	14.10	18.80	10.1	0.4
Transportes trabajadores	70.51	82.26	82.26	94.01	10.1	2.0
Administración (8 % costos directos)	238.13	235.73	263.25	323.28	10.7	6.4
Costos indirectos	792.77	802.12	829.64	906.12	4.6	20.1
Costos totales	3 769.36	3 748.76	4 120.21	4 947.08	9.5	100

*Tasa de crecimiento.

El análisis de ratios financieros (Tabla 4) revela la rentabilidad constante del sistema productivo de arveja durante el periodo estudiado, constituyéndose en una fuente significativa de ingresos para los productores encuestados. Este hallazgo se respalda de las conclusiones de Peñaranda y Molina (2011), quienes destacan la relevancia de la arveja en el desarrollo local de Colombia debido a sus bajos costos y fácil producción, en comparación con el cultivo de la papa.

Tabla 4. Ratios financieros promedio para el sistema productivo arveja.

Ratio	Resultado promedio
Eficiencia técnica	1.67
Ingreso Bruto	USD 6 844.4
Rentabilidad técnica	65 %
Costo-Beneficio	0.39
Beneficio-Costo	2.56
Utilidad Neta	USD 2 698.01
VPN	USD 7 000.21
TIR	35.7 %
VAE	2 565.9

Análisis eficiencia e ineficiencia

Las estimaciones de los parámetros del modelo de eficiencia (Cobb-Douglas) sugieren que el modelo es consistente, según los estadísticos DW, LM, VIF y Ramsey. En la Tabla 5 se detallan los coeficientes establecidos para el modelo econométrico, destacando las significancias menores al 1 %, con la excepción de la variable semilla.

Tabla 5. Estimación de eficiencia e ineficiencia del sistema productivo arveja.

Variables independientes	Variable dependiente producción	
	Eficiencia (Cobb-Douglas)	Ineficiencia
Intercepto	3.991930 (0.206174)***	4.229503 (0.182221)***
Área		0.182221 (0.063908)***
Semilla	0.051635 (0.049730)	
Jornales	0.328934 (0.109462)***	
Fertilizante	-0.255335 (0.090544)***	
Experiencia		-0.089271 (0.118802)
Escolaridad		-0.271536 (0.152929)*
Edad		0.032948 (0.243325)
Obs	38	38
R ²	0.218946	0.238320
Shapiro-Wilk	>5 %	>5 %
Durbin-Watson	1.72	1.78
Correlation LM test	>5 %	>5 %
Test de White	>5 %	>5 %
Test Breusch-Pagan	>5 %	>5 %
Ramsey Reset Test	>5 %	>5 %
Factor de inflación de varianza (VIF)	<10	<10

Significancia al ***1 %; **5 % y *10 %.

Los resultados indican que la producción de arveja presenta una elasticidad positiva con respecto al uso de semilla y jornales. Un aumento del 1 % en la cantidad de semilla sembrada por hectárea se traduce en un

incremento del 0.05 % en la producción, mientras que un aumento del 1 % en la contratación jornales conlleva a un aumento del 0.32 % en la producción.

El aumento moderado de jornales, particularmente en actividades como el control de plagas, manejo de enfermedades, “encanastillado” y cosecha, mejora el rendimiento del cultivo al disminuir las pérdidas y garantizar una cosecha más efectiva. No obstante, el rendimiento está influenciado por otros factores como la ubicación geográfica, la capacidad económica del productor y las condiciones ambientales (Álvarez et al. 2019).

Estos hallazgos se respaldan en investigaciones previas de Martínez et al. (2022b), Martínez et al. (2021b) y Cancino et al. (2021), quienes coinciden en el uso de mano de obra común en la mayoría de las actividades agrícolas, debido a que implican tareas manuales.

El caso de compra y uso de fertilizantes, indican una respuesta contraria con la producción, mostrando que al incrementar en 1 % dichos insumos, la producción de arveja se reduciría en 0.25 %, atribuido a los rendimientos marginales decrecientes, un fenómeno que también ha sido observado por Colque (2019), quien sostiene que la incorporación de más insumos agropecuarios no siempre conduce a incrementos productivos. De igual manera, Cadena et al. (2022), en su estudio de impacto económico y socioambiental de las variedades de arveja, indicaron una percepción negativa significativa de los productores al uso de insumos agrícolas, que si bien, se presentan como necesarios, incide negativamente sobre la sostenibilidad y rentabilidad del sistema productivo.

Por otro lado, la ausencia o poca prestación del servicio de extensión y asistencia técnica agropecuaria, sumado al bajo uso de análisis de suelo entre los pequeños productores de arveja, no permiten tener mayor precisión en las dosis de fertilización. Adicionalmente, la baja frecuencia en la aplicación de elementos menores específicos durante las diferentes etapas de cultivo afecta de manera negativa el rendimiento. Este hallazgo se alinea a la investigación realizada por Rodríguez et al. (2022), quienes encontraron una interacción entre el genotipo y el nivel de fertilización, lo que sugiere que las diferentes variedades de arveja presentan distintas necesidades nutricionales de elementos menores.

En lo que respecta a la ineficiencia, el coeficiente edad (0.032948) muestra que entre más longevidad tengan los productores, más difícil es para ellos adaptarse a nuevos cambios en la gestión del sistema productivo y por ende a la adopción de tecnologías, lo que puede dar lugar a un uso ineficiente de recursos. Por el contrario, la experiencia (-0.089271), sugiere que, ante más experiencia en la implementación del cultivo, la eficiencia sería mejor por la optimización de recursos y mejora en prácticas agrícolas.

En lo concerniente al área del cultivo (0.182221), se observa que no siempre un aumento de esta variable resulta en un efecto positivo en la producción de arveja, afirmación que concuerda con otros estudios, como los de Martínez et al. (2021a) y Martínez et al. (2020) en los que refieren que aumentos en la producción en algunos sistemas productivos pueden estar atribuidos más a factores como la productividad y optimización de recursos.

Por último, el parámetro educación (-0.271536), indica que entre más instruidos sean los agricultores, ellos tienden a ser más eficientes en el cultivo, debido a la disponibilidad de adopción de nuevas tecnologías, o al interés y continuidad de procesos de capacitación y especialización.

CONCLUSIONES

Este estudio puede ofrecer una caracterización detallada y valiosa del contexto socioeconómico del sistema productivo de arveja. Estos hallazgos pueden servir como insumo para la formulación de políticas gubernamentales a nivel local y regional. En donde, a pesar de los desafíos como la brecha de género, la baja educación y los crecientes costos de producción, el sistema productivo de arveja en Nariño se destaca como una actividad esencial con un potencial significativo.

La experiencia de los productores y su gestión eficiente de los recursos, especialmente en el manejo de semilla y gestión de recurso humano (jornales y mano de obra), son factores críticos en la rentabilidad de este cultivo. Para mejorar aún más la productividad, es crucial considerar mejoras en el nivel educativo de los productores y procesos de extensión y asistencia técnica agropecuaria, aspectos que pueden impulsar una mayor eficiencia y el desarrollo sostenible de la producción en la región.

De este modo, posibles investigaciones que pueden extenderse del presente trabajo serían estudios amplios de impacto socioeconómico, de rentabilidad comparativa, análisis de impacto ambiental y riesgo financiero en cultivos transitorios, que pueden ser de gran utilidad para comprender mejor la dinámica de la producción agrícola en la región y en Colombia en su conjunto.

Agradecimientos

Los autores agradecen profundamente a los productores de arveja que participaron en este estudio, compartiendo sus valiosos conocimientos y vivencias sobre el sistema productivo en Nariño. Sus aportes desde sus experiencias directas en el campo enriquecieron la investigación y permiten estimar factores muy importantes a resaltar y analizar en el transcurso de este estudio. Un agradecimiento especial se extiende a los agricultores de los municipios de Contadero, Córdoba, Gualmatán, Ipiales, Potosí y Puerres, en el departamento de Nariño, cuyos aportes desde sus realidades y sabiduría sobre el cultivo fueron indispensables para comprender a cabalidad esta actividad en la región.

Así mismo, a los actores clave a nivel territorial quienes brindaron un importante acompañamiento en la investigación, la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya - Fenalce, Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria - UMATA, y a las secretarías de Agricultura municipales.

Al personal técnico y administrativo adscrito a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA y en especial, el equipo de Balance Social Corporativo, de donde deriva esta investigación.

A los revisores de la revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria de AGROSAVIA y la Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, cuyas observaciones y sugerencias contribuyeron a precisar los contenidos desarrollados en este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, MA; Nicholls, CI. 2020. La Agroecología en tiempos del COVID-19. CELIA (en línea). Berkeley: Universidad de California. Consultado 09 oct. 2023. Disponible en <https://www.clacso.org/la-agroecologia-en-tiempos-del-covid-19/>

- Álvarez, D; Gómez, E; Ordóñez, H. 2019. Tipología de fincas productoras de arveja (*Pisum sativum* L.) en la subregión Sur de Nariño, Colombia (en línea). Ciencia & Tecnología Agropecuaria 20(3):659–677. Consultado 11 oct. 2023. Disponible en doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1593
- Anguita, J; Repullo, J; Donado, J. 2002. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I) (en línea). Aten Primaria 31(8):527–538. Consultado 07 feb. 2023. <https://core.ac.uk/download/pdf/82245762.pdf>
- Bancolombia. 2023. Macroeconomicos proyectados (en línea). Consultado 23 oct. 2023. Disponible en <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/publicaciones/tablas-macroeconomicos-proyectados>
- Banco de la República. 2022. Tasas de captación semanales y mensuales (en línea). Consultado 11 sept. 2023. Disponible en <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-captacion-semanales-y-mensuales>
- Bonet, J; Ricciulli, D; Pérez, G; Galvis, L; Haddad, E; Araújo, I; Perobelli, F. 2020. Impacto económico regional del Covid-19 en Colombia: un análisis insumo-producto (en línea). Banco de La República 288:1-34. Consultado 23 oct. 2023. Disponible en <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/9843>
- Cadena, A; Riascos, M; Castro, A; Delgado, A; Zambrano, G; Vásquez, A. 2022. Impacto de las variedades Obonuco Andina y San Isidro en el departamento de Nariño, Colombia (en línea). Revista de Investigaciones Altoandinas 24(4):257-266. Consultado 05 feb. 2023. Disponible en doi.org/10.18271/ria.2022.452
- Cancino, S; Cancino, G; Quevedo, E. 2021. Determinación de una función Cobb-Douglas en la producción de durazno en Colombia. Panorama Económico 29(3):160-171. Consultado 25 feb. 2023. Disponible en doi.org/10.32997/pe-2021-3649
- Castro, A; Vargas, D; Suárez, P; Tobar, S. 2023. Manual de costos de producción de semilla para pequeños y medianos productores. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
- Checa, O; Rodríguez, D; Ruiz, M; Muriel, J. 2021. La Arveja-Investigación y Tecnología en el Sur de Colombia. Universidad de Nariño.
- Colque, J. 2019. Economic evaluation of the production of small onion farmers (*Allium cepa* L.) in municipalities of Achacachi and Ancoraimes of the La Paz city (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 6(1):70–78. Consultado 11 oct. 2023. Disponible en http://www.scielo.org/bo/pdf/riiarn/v6n1/v6n1_a10.pdf
- Corficolombiana. 2022. La rentabilidad esperada del capital propio en Latinoamérica (en línea). Consultado 21 nov. 2023. Disponible en <https://investigaciones.corficolombiana.com/documents/38211/0/20220228 - Informe Ke MILA.pdf/54c3f275-8578-6db4-d5cf-cb8c271e0714>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2021. Cuenta Satélite de la Economía del Cuidado - CSEC (en línea). Consultado 25 oct. 2023. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/cuentas/ec/Pre_CS_Econo_cuidado_TDCNR_Val_econ_2021.pdf

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2019. Pobreza multidimensional Región Pacífica (sin incluir Valle del Cauca) (en línea). Departamento de énfasis: Nariño. Consultado 09 mar. 2023. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2019/Boletin_Region_bt_pobreza_multidimensional_19_pacifica.pdf
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya Colombia (FENALCE). 2023. Histórico de área, producción y rendimiento: cereales y leguminosas (base de datos) (en línea). Consultado 21 nov. 2023. Disponible en <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiM2FiYzM5ZTA0tNjFmNi00MGQyLWFiYzYtNGI0YTJiZTcwZWQwliwidCl6lJjU2MmQ1YjJILTBmMzEtNDdmOC1iZTk4LTNmMjI4Nzc4MDBhOCJ9>
- Girón, L. 2018. Econometría aplicada usando EViews 10.0. Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana. Sello Editorial Javeriano.
- González, S; Guajardo, L; Almeraya-Quintero, X; Pérez-Hernández, L; Sangerman-Jarquín, D. 2018. Tipología de productores de maíz en los municipios de Villaflores y La Trinitaria, Chiapas (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(8):1763-1776. Consultado 22 oct. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1722>
- Gutierrez, A. 2017. Las crisis económicas. Un acercamiento teórico (en línea). Economía y Desarrollo 158(1):6-16. Consultado 21 feb. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4255/425553381001.pdf>
- Guirguis, H; Dutra, VB; McGreevy, Z. 2022. The impact of global economies on US inflation: A test of the Phillips curve (en línea). J Econ Finan 46:575-592. Consultado 09 oct. 2023. Disponible en doi.org/10.1007/s12197-022-09583-x
- Insuasty-Córdoba, SC; Ramos-Zambrano, HS; Marcillo-Paguay, CA; López-Peñañiel, HV; Mateus-Rodríguez, JF; Martínez-Pachón, E. 2020. Diagnóstico financiero y biofísico para la producción de semilla de papa (en línea). Agronomía mesoamericana, 635-647. Consultado 06 feb. 2023. Disponible en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v31n3/2215-3608-am-31-03-00628.pdf>
- Martínez, A; Tordecilla, L; Grandett, L; Rodríguez, M; Cordero, C; Orozco, A; Silva, G; Romero, J; Correa, E. 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 24 may. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9514>
- Martínez, A; Tordecilla, L; Grandett, L; Rodríguez, M; Cordero, C. 2020. Frijol Cauquí (*Vigna unguiculata* L. Walp): perspectiva socioeconómica y tecnológica en el Caribe colombiano (en línea). Ciencia y Agricultura, 17(2):12-22. Consultado 22 oct. 2023. Disponible en doi.org/10.19053/01228420.v17.n2.2020.10644
- Martínez, A; Tordecilla, L; Grandett, L; Regino, S; Luna, L; Pérez, S. 2021a. Analysis of the technical efficiency of yam cultivation (*Dioscorea spp.*) in the Caribbean Region of Colombia (en línea). Revista colombiana de ciencias hortícolas 15(2):2422-3719. Consultado 27 oct. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12445>
- Martínez, M; Zumaqué, L; Liliana, G; Rodríguez, M. 2021b. Technical efficiency of the cultivation of eggplant (*Solanum melongena* L.) in producing areas of the Colombian Caribbean (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 8(3):66-76. Consultado 18 may. 2023. Disponible en doi.org/10.53287/mvqd3972pu29t
- Martínez, AM; Tordecilla, L; Del Valle, M; Grandett, LM. 2022a. Análisis del desempeño del sector agropecuario colombiano: período 2005- 2020 (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 9(1):42-51. Consultado 11 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.53287/ggti7139dp37w>
- Martínez, M; Cordero, C; Tofiño, A. 2022b. Eficiencia técnica del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en la Región Caribe de Colombia (en línea). Agronomía Mesoamericana, 33(2). Consultado 22 may. 2023. Disponible en doi.org/10.15517/am.v33i2.47673
- Mejía, S; Pinos, L; Tonon, L. 2023. Función de Producción Cobb-Douglas. Una Revisión Bibliográfica Introducción (en línea). Economía y Negocios 14(2):74-95. Consultado 23 jun. 2023. Disponible en doi.org/10.29019/eyn.v14i2.1124
- Meneses, D; Bolaños, M; Gómez, L; Ramos, H. 2019. Evaluation of irrigation and pruning on the phenology and yield of *Theobroma cacao* L. (en línea). Agronomía Mesoamericana 30(3):681-693. Consultado 23 jul. 2023. Disponible en <http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i3.36307>
- Mestra-Vargas, L; Matínez-Reina, A; Santana-Rodríguez, M. 2019. Caracterización técnica y económica de la producción de carne ovina en Córdoba, Colombia (en línea). Agronomía Mesoamericana 30(3):871-884. Consultado 22 may. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/437/43760145017/html/>
- Ortega, R; Sonego, M; Pulido, J; González, A; Jiménez-Mejías, E; Sordo, L. 2017. Métodos indirectos para la estimación de poblaciones ocultas (en línea). Revista española de salud pública 91:1-9. Consultado 21 jul. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17049838040>
- Ortega, ER; Cruz, ZN; Roza, Y; Gómez-Latorre, DA; Tofiño, A; López, AJ. 2022. Vinculación tecnológica de colegios agropecuarios para la innovación local: el caso Sibundoy en Colombia (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 9(3):85-96. Consultado 15 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.53287/oebj8158dq82x>
- Peñaranda, G; Molina, D. 2011. La producción de arveja (*Pisum sativum*) en la vereda Monte dentro, Provincia de Pamplona, Norte de Santander (en línea). Face, 11(1). Consultado 09 oct. 2023. Disponible en <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/face/article/view/1816>
- Ramos-Zambrano, H; Riascos-Delgado, M; Luna-Mancilla, T. 2023. Dinámica comercial y comportamiento del precio de arveja en el Departamento de Nariño (Colombia) (en línea). Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) 14(1):31-49. Consultado 09 sept. 2023. Disponible en doi.org/10.22490/21456453.5663
- Riascos, M; Checa, O. 2018. Evaluación y selección de líneas de arveja con gen afila bajo dos densidades de población (en línea). Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica 21(2):367-376. Consultado 10 nov. 2023. Disponible en doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.984
- Roco, A; Landabur, R; Maureira, N; y Olguin, M. 2023. ¿Cómo

- determinar efectivamente si una serie de datos sigue una distribución normal cuando el tamaño muestral es pequeño? (en línea). *Nutrición Hospitalaria*, 40(1):234-235. Consultado 11 oct. 2023. Disponible en <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04519>
- Rodríguez, D; Checa, O; Ruiz, H; Muriel, J; Yepes, B. 2022. Niveles de fertilización con calcio, magnesio y azufre en genotipos de arveja voluble (*Pisum sativum* L.) en Nariño (en línea). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica* 25(2):1-8. Consultado 09 oct. 2023. Disponible en <https://elibrary.stipram.ac.id/Record/doaj-art-4de7f09c65464a578409b43b047562fb>
- Sáenz, S. 2020. Implementación de 1.300 m² de arveja (*Pisum sativum* L.) como alternativa productiva para el municipio de Guavatá Santander (en línea). Consultado 11 nov. 2023. Disponible en https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/196/
- Torres, F; Rivadeneira, C; Castillo, Á. 2020. Producción y comercialización de arveja en el departamento de Nariño-Colombia (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 31(1):129-140. Consultado 05 feb. 2023. Disponible en doi.org/10.15517/am.v31i1.36776
- Torres, L; Puerto, L; Contreras, E. 2016. El uso del método Delphi como herramienta para la obtención de consenso en el sector lácteo del departamento de Boyacá (en línea). *I+3 Investigación, Innovación e Ingeniería*, 3(1):42-59. Consultado 06 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.24267/23462329.160>
- Villarreal-Puga, J; Cid, M. 2022. La aplicación de entrevistas semiestructuradas en distintas modalidades durante el contexto de la pandemia (en línea). *Hallazgos* 21 7(1):52-60. Consultado 10 nov. 2023. Disponible en <http://revistas.pucese.edu.ec/hallazgos21/>
- Zuluaga, M; Romero, Y; Cadena, A. 2023. Tipología de productores de arveja (*Pisum sativum* L.) en los municipios Córdoba y Puerres, Nariño (Colombia) (en línea). *Ciencia y agricultura* 20(2):1-15. Consultado 25 oct. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.19053/01228420.v20.n2.2023.15543>

Artículo recibido en: 31 de diciembre del 2023

Aceptado en: 11 de abril del 2024