



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES®

**Rotación del cultivo de maíz en respuesta a la crisis de los arroceros del
municipio de Campoalegre – Huila**

Ricardo Arciniegas Mosquera

Tipo de documento para optar al título de
Magíster en Economía

Asesor

Juan Manuel Aristizábal Tamayo, Doctor (PhD) en Economía

Asesores de recursos académicos: Diego Alejandro Soto Herrera (asesor bibliográfico), Claudia
Marcela Cerón Rubio (asesora Centro de Escritura) y Elvia Lucía Sánchez García (asesora de
integridad académica)

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas

Maestría en Economía - CORHUILA

Manizales, Caldas, Colombia

2025

Citar/How to cite	(Arciniegas Mosquera, R., 2025)
Referencia/Reference	Arciniegas Mosquera, R. (2025). Rotación del cultivo de maíz en respuesta a la crisis de los arroceros del municipio de Campoalegre – Huila [Tesis de maestría]. Universidad de Manizales. RIDUM: Repositorio Institucional Universidad de Manizales.
Estilo/Style: APA 7ma ed. (2020)	



Maestría en Economía - CORHUILA, Seleccione cohorte posgrado

Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo - CIMAD.

Grupo de Investigación Economía Internacional

Línea de Investigación Economía Regional.

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como [mencionar herramientas utilizadas, por ejemplo, ChatGPT, Grammarly, Turnitin, Copilot, Gemini, entre otras], de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: biblioteca.umanizales.edu.co

Repositorio Institucional: ridum.umanizales.edu.co

Universidad de Manizales: umanizales.edu.co

Revistas: revistasum.umanizales.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Resumen

La investigación analiza la rotación del cultivo de maíz como una alternativa sostenible ante la crisis estructural del sector arrocero en el municipio de Campoalegre, Huila (Colombia). El estudio parte de la problemática del monocultivo de arroz, caracterizado por la pérdida de fertilidad del suelo, la proliferación de plagas, la contaminación ambiental y la reducción de la rentabilidad agrícola. Frente a este contexto, se propone la diversificación productiva mediante la rotación con maíz, con el propósito de mejorar la sostenibilidad económica, ambiental y social de los pequeños y medianos productores.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación emplea un enfoque cuantitativo con un modelo de regresión logística aplicado a una muestra de 67 productores arroceros, utilizando información primaria obtenida mediante entrevistas y datos secundarios del Quinto Censo Nacional Arrocero (DANE, 2023). El modelo estima la probabilidad de adopción de la rotación de cultivos en función de variables como nivel educativo, género, asociatividad, asistencia técnica, implementación de tecnologías y experiencia productiva.

Los resultados evidencian que el nivel educativo profesional es el único factor con un efecto estadísticamente significativo sobre la decisión de diversificar la producción ($dy/dx = -0.334$; $p = 0.029$). De manera contraintuitiva, los productores con formación universitaria presentan una menor probabilidad (33.4%) de adoptar prácticas de rotación, lo que sugiere que la educación profesional, cuando no está orientada hacia la sostenibilidad, puede limitar la adopción de innovaciones agroecológicas. Las demás variables experiencia, asociatividad, asistencia técnica y género no mostraron efectos significativos, indicando que la adopción depende más de la orientación formativa y del contexto institucional que del nivel educativo o la experiencia en sí misma.

El estudio concluye que la sostenibilidad integral del sistema arrocero requiere reorientar la educación profesional agrícola hacia contenidos agroecológicos y fortalecer la extensión rural mediante capacitación práctica, incentivos económicos y redes de aprendizaje colaborativo. Asimismo, se recomienda integrar políticas públicas que promuevan la bioeconomía, el acceso a

crédito verde y la adopción de tecnologías sostenibles adaptadas a las condiciones locales. Finalmente, se sugiere ampliar la muestra y desarrollar estudios longitudinales y mixtos que incorporen dimensiones sociales, institucionales y culturales para comprender con mayor profundidad los determinantes de la adopción tecnológica y la transición agroecológica en el sector arrocero colombiano.

Palabras clave: rotación de cultivos, educación, asociatividad, asistencia técnica, experiencia y políticas públicas

Abstract

The research analyzes maize crop rotation as a sustainable alternative to the structural crisis of the rice sector in the municipality of Campoalegre, Huila (Colombia). The study addresses the problem of rice monoculture, characterized by soil fertility loss, pest proliferation, environmental pollution, and declining agricultural profitability. In this context, productive diversification through maize rotation is proposed with the aim of improving the economic, environmental, and social sustainability of small and medium-scale producers. From a methodological standpoint, the research employs a quantitative approach using a logistic regression model applied to a sample of 67 rice producers. Primary data were collected through interviews and complemented with secondary information from the Fifth National Rice Census (DANE, 2023). The model estimates the probability of adopting crop rotation as a function of variables such as educational level, gender, association membership, technical assistance, technology implementation, and production experience. The results show that the professional educational level is the only factor with a statistically significant effect on the decision to diversify production ($dy/dx = -0.334$; $p = 0.029$). Counterintuitively, producers with university education show a lower probability (33.4%) of adopting rotation practices, suggesting that professional education, when not oriented toward sustainability, may limit the adoption of agroecological innovations. The other variables—experience, association membership, technical assistance, and gender—did not show significant effects, indicating that adoption depends more on the educational orientation and institutional context than on educational level or experience alone.

Keywords: crop rotation, education, associativity, technical assistance, experience, and public policies.

1 Introducción

Antes del siglo XIX muchos científicos explicaban la baja fertilidad del suelo, o bajo rendimiento de las plantas cultivadas, planteando que las tierras envejecían, que la tierra estaba cansada; surgiendo diferentes teorías cuya finalidad fundamental fue dar explicación a la disminución de la productividad del suelo por el cultivo continuado de la misma planta, es decir, la circunstancia de que cualquier cultivo se desarrolla mejor en rotación con otro, que cuando se sucede así mismo (Flores, 1984).

Desde los antiguos romanos se conoce y aplicaban los principios de la rotación de cultivos, pero presionados por las necesidades, deslumbrados por las bondades de los fertilizantes químicos y por los avances de la agricultura industrial, se ha olvidado en parte y no se tiene presente en cada acción la estabilidad del medio donde se cultiva.

El cultivo de arroz ha sido históricamente uno de los ejes centrales de la economía agrícola en el municipio de Campoalegre, ubicado en el departamento del Huila, Colombia. Su relevancia radica no solo en su aporte a la seguridad alimentaria y al empleo rural, sino también en su papel dentro de la identidad productiva regional. Sin embargo, en los últimos años, este sistema productivo ha enfrentado una crisis estructural que ha comprometido su sostenibilidad económica, ambiental y social. La dependencia del monocultivo de arroz, sumada a los efectos del cambio climático, la degradación de los suelos y la volatilidad de los precios en el mercado nacional e internacional, ha generado una disminución significativa de la rentabilidad para los pequeños y medianos productores, quienes representan el núcleo del sistema arrocero local.

De acuerdo con datos del Quinto Censo Nacional Arrocero (*DANE, 2023*), el departamento del Huila concentra cerca del 31,9 % de la producción nacional de arroz, siendo el municipio de Campoalegre una de las zonas más representativas. No obstante, los costos de producción han aumentado debido al uso intensivo de agroquímicos, la reducción de la productividad del suelo y los impactos ambientales derivados del monocultivo. La situación se agrava por la creciente competencia del arroz importado y las limitaciones estructurales en el acceso a crédito, asistencia

técnica y tecnologías adaptadas al contexto local. En consecuencia, muchos productores enfrentan dificultades para mantener la viabilidad económica de sus sistemas agrícolas, lo que pone de relieve la necesidad de explorar alternativas de diversificación productiva.

Frente a este panorama, la rotación de cultivos se plantea como una estrategia clave para enfrentar la crisis arrocera. Esta práctica, que consiste en alternar diferentes especies en un mismo terreno durante varios ciclos agrícolas, ha demostrado ser una herramienta eficaz para restaurar la fertilidad del suelo, reducir la incidencia de plagas y enfermedades y mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales (López et al., 2018; Ramírez et al., 2019). En particular, la rotación con **maíz** ha mostrado resultados positivos por su adaptabilidad a las condiciones climáticas del Huila, su demanda en el mercado nacional y su potencial para integrarse en esquemas agroecológicos (FENALCE, 2019; UPRA, 2020). Además de sus beneficios agronómicos, la diversificación de cultivos constituye una estrategia de gestión del riesgo económico y climático, permitiendo a los agricultores reducir su dependencia de un solo producto y mejorar la estabilidad de sus ingresos (García & Fernández, 2017; FAO, 2021).

A pesar de sus ventajas, la adopción de prácticas de rotación en el sistema arrocero de Campoalegre sigue siendo limitada. Esto sugiere la existencia de barreras socioeconómicas, institucionales y culturales que restringen la transición hacia sistemas productivos más sostenibles. En este sentido, la literatura sobre adopción tecnológica en agricultura ha identificado una serie de factores que influyen en la decisión de los productores, entre ellos el nivel educativo, la experiencia agrícola, la asistencia técnica, la pertenencia a asociaciones rurales y el acceso a tecnologías (Feder et al., 1985; Rogers, 2003; Doss, 2006). Estos factores no actúan de manera aislada, sino que se interrelacionan con el entorno institucional y el contexto productivo, determinando las condiciones bajo las cuales los agricultores perciben los beneficios o costos de una innovación.

Dentro de estos determinantes, la educación emerge como un elemento central. Se asume comúnmente que un mayor nivel educativo favorece la adopción de tecnologías sostenibles; sin embargo, estudios recientes han mostrado resultados mixtos. Investigaciones en América Latina y Asia (Abdulai & Huffman, 2014; Paltasingh & Goyari, 2018; Trinh et al., 2019) evidencian que la educación formal universitaria no siempre se traduce en una mayor propensión a adoptar prácticas

agroecológicas, especialmente cuando la formación profesional está orientada a la producción intensiva o al uso de insumos químicos. En contraste, la educación técnica y la capacitación práctica se asocian con una mayor adopción de prácticas sostenibles, debido a su enfoque aplicado y contextualizado. En Colombia, Patiño (2012) encontró que la educación, combinada con la asistencia técnica y el acceso a crédito, aumenta la probabilidad de adoptar innovaciones agrícolas, aunque el efecto depende del tipo de práctica y del contexto regional.

Desde esta perspectiva, comprender la relación entre el nivel educativo y la adopción de la rotación de cultivos en Campoalegre reviste una importancia especial. La crisis del sistema arrocero no solo refleja una problemática productiva, sino también una crisis del conocimiento agrícola, donde las decisiones de manejo se sustentan más en la tradición o en modelos de eficiencia productiva que en principios de sostenibilidad y manejo integrado del suelo. La reorientación de la educación profesional y técnica hacia enfoques agroecológicos y de bioeconomía podría constituir un elemento clave para impulsar una transición más sostenible del sector.

El presente estudio tiene como propósito analizar los determinantes de la adopción de la rotación del cultivo de maíz como alternativa sostenible ante la crisis del sector arrocero en el municipio de Campoalegre – Huila. Para ello, se emplea un enfoque cuantitativo mediante la estimación de un modelo de regresión logística (Logit), aplicado a una muestra de 67 pequeños y medianos productores arroceros. El modelo permite identificar cómo variables como el nivel educativo, el género, la experiencia productiva, la asociatividad y la asistencia técnica influyen en la probabilidad de que los agricultores adopten prácticas de rotación. Con base en los resultados, se busca ofrecer evidencia empírica que contribuya al diseño de estrategias de política pública, extensión rural y educación agrícola orientadas a fortalecer la sostenibilidad del sistema productivo local.

Además, este trabajo se enmarca en un contexto global de transición agroecológica y bioeconómica, promovido por organismos internacionales como la FAO y la CEPAL (2020, 2021), que subrayan la necesidad de transformar los sistemas alimentarios hacia modelos más resilientes, inclusivos y ambientalmente responsables. En América Latina, estas transformaciones requieren no solo innovaciones técnicas, sino también procesos de aprendizaje social, cooperación

institucional y construcción colectiva del conocimiento (Hall et al., 2006; SEI, 2023). Bajo este enfoque, la adopción de la rotación de cultivos no se concibe únicamente como una decisión técnica individual, sino como parte de un proceso más amplio de innovación social y ecológica.

Finalmente, el estudio pretende aportar al debate sobre la sostenibilidad integral del sistema arrocero colombiano, demostrando que las soluciones a la crisis no se limitan a la incorporación de nuevas tecnologías o cultivos, sino que deben integrar dimensiones educativas, institucionales y culturales. La rotación de maíz con arroz se presenta, entonces, no solo como una alternativa agronómica, sino como una vía hacia la resiliencia territorial, la diversificación económica y la preservación de los recursos naturales en el municipio de Campoalegre. En este sentido, la investigación busca contribuir a la formulación de políticas y programas que articulen la educación, la innovación y la sostenibilidad como pilares fundamentales del desarrollo rural colombiano.

2 Metodología

2.1 tipo de investigación

La investigación es de tipo mixto, donde la parte cuantitativa, se centrará en la toma de información estadística sobre las condiciones socioeconómicas de los pequeños y medianos productores de arroz, analizando variables como ingresos, costos de producción, área y rendimiento del cultivo de maíz.

La parte cualitativa la investigación implica realizar entrevistas con los pequeños y medianos productores, para comprender sus percepciones, experiencias y desafíos relacionados con la implementación de la rotación del cultivo de maíz.

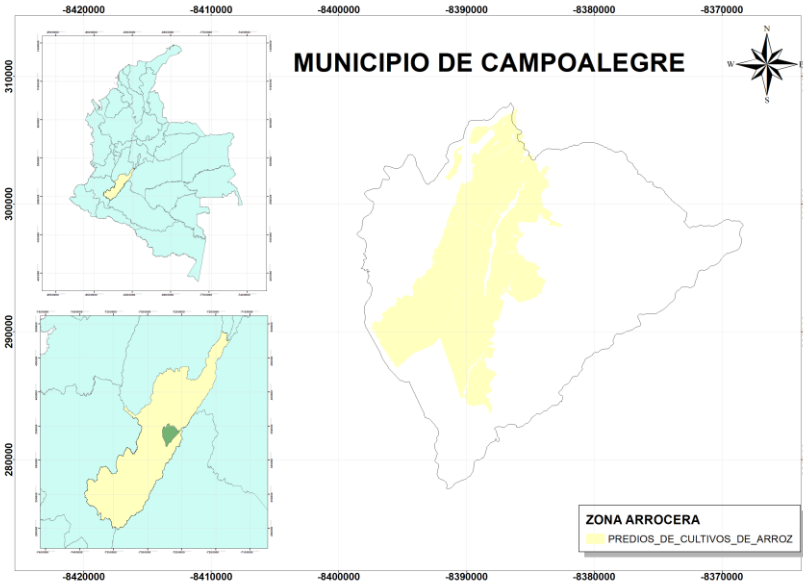
El alcance será de tipo analítico, donde se evaluarán las condiciones socioeconómicas de los pequeños y medianos productores de arroz en la zona de estudio.

2.2 área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Campoalegre, ubicado en el departamento de Huila, Colombia. Reconocido por su actividad agrícola, especialmente en la producción de arroz, con una extensión territorial de 462.99 Km²; de las cuales 123,40 Km² corresponden al espejo de agua del Embalse de Betania, altura es de 456 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) y las condiciones climáticas de la zona son: temperatura promedio de 28°C, humedad relativa promedio de 62%, precipitación promedio anual de 1300 a 1800 mm con dos periodos de lluvia; el resto del año prevalece la sequía. Según la clasificación ecológica (Holdrige, 1987) el municipio de Campoalegre se encuentra en una zona de Bosque Seco Tropical (Bs-T).

El casco urbano se encuentra localizado a 2°31' y 2° 47' latitud norte, y 75°12' y 75°26' de longitud oeste, según las coordenadas geográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, (figura 1)

Figura 1
Ubicación geográfica.



El estudio se focaliza en examinar los determinantes de la producción de arroz en el municipio de Campoalegre – Huila, llevando a cabo un análisis de información primaria, recolectada mediante entrevistas directamente a los pequeños y medianos productores de arroz, de una población de 488 productores de arroz, caracterizados en el 96.83%¹ como productores de arroz con constitución legal como persona natural, determina mediante un muestreo aleatorio simple con un tamaño de la muestra de 33 productores de arroz (figura 2), aplicando la siguiente formula:

$$n_0 = \frac{NZ^2pq}{(N - 1)e^2 + Z^2pq}$$

Dónde:

n_0 = es el tamaño total de la muestra;

Z = nivel de confianza 95% equivale a 1,96 de acuerdo con la tabla normal

p = Proporción de la población que tiene la característica que se desea estudiar. $p=96.83\%$
(0,9683)

¹ DANE, FEDEARROZ-FNA. 5° CNA

$$q = (1-p); q = (1-0,9683) = 0,0317$$

N = Tamaño de la población 488 productores de arroz

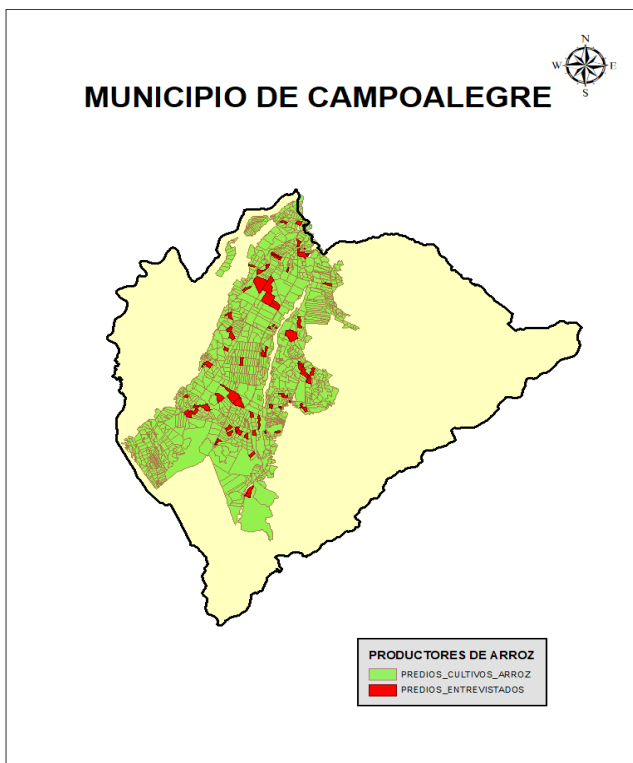
e^2 = error máximo permisible el 6% (0,06)

$$Z = 1.96 \quad p = 0.01 \quad q = 0.99 \quad N = 488 \quad e = 0.06$$

$$n_0 = \frac{(488)(1.96)^2(0.9683)(0.0317)}{(488 - 1)(0.06)^2 + (1.96)^2(0.9683)(0.0317)}$$

$$n_0 = 32.94$$

Figura 2
Zona arrocera municipio de Campoalegre – Huila.



2.3 datos y evidencias

2.3.1 datos. La información secundaria estadística se recopiló del quinto censo nacional arrocero (5° CNA 2023) – DANE, como la zona más productora de arroz en Colombia que es la zona centro (Caquetá, Cauca, Huila, Tolima y Valle del Cauca), donde el departamento del Huila, presenta una participación del 31,9% con 1.178 productores.

La información primaria se recopiló a través de entrevistas a 67 pequeños y medianos productores de arroz del municipio de Campoalegre, de los 488 productores existentes en el municipio, la cual fue organizada en una hoja electrónica (Excel®) y exportada a un software de análisis estadístico (ArcGis) y el software estadístico Stata, para determinar las condiciones económicas y sociales.

De acuerdo a la información recolectada se evidencia que el 70.15% de los entrevistados corresponden a hombre productores y el 29.85% corresponde a mujeres productoras, además el 71.64% de los productores cuentan con una experiencia mayor a 10 años, a lo que se puede mencionar que la cultura tradicional y las costumbres de cultivar arroz no permite ver la rotación del cultivo como alternativa para enfrentar la crisis del sector.

2.3.1.1 variables

2.3.1.1.1 variable rotación de cultivos. La alternativa de rotación del cultivo de maíz, como oportunidad para impulsar la diversificación de la actividad agrícola, reduciendo la dependencia del cultivo de arroz y generación de fuente de ingresos, disminuyendo riesgos climáticos asociados al monocultivo y aumento de la productividad de la tierra.

En detalle, según la entrevista, la pregunta asociada a la rotación de cultivo fue:

1. ¿Cuándo ha realiza la práctica de rotación de cultivo en que ha sido esta? Maíz, Sorgo o Algodón
2. ¿La práctica de rotación de cultivos ha sido importante para el desarrollo productivo de su predio?

3. ¿Qué impacto ha evidenciado con la práctica de rotación de cultivos? Mejora en los ingresos de la familia; Disminución en las plagas y enfermedades del cultivo o Aprovechamiento ambiental en el consumo de agua en épocas de fenómeno del niño

De acuerdo con la entrevista realizada, los pequeños y medianos productores arroceros, definieron que, para la práctica de rotación del cultivo en maíz, se debe tener experiencia e información suficiente para garantizar los precios en el mercado.

2.3.1.1.2 Variable nivel educativo. En este caso, la formación académica en los pequeños y medianos productores, son considerados importantes para tomar decisiones en realizar prácticas de rotación de cultivos, en épocas de crisis arroceras por condiciones climáticas o políticas comerciales (importación de arroz), siempre y cuando se garanticen los precios del maíz al momento de la comercialización sin intermediarios.

Empíricamente, se construyeron variables binarias para cada pregunta respecto a la decisión de realizar prácticas de rotación. Así, las variables tomaron el valor de 1 si los pequeños productores arroceros practican la rotación de cultivos, basada en una mayor formación académica.

Tabla 1.

Definiciones de variables y valores asignados.

Tipo	Nombre de la variable	Dimensión	Asignación
Variable dependiente	Educación	Formación Profesional	= 1;
		Académica No profesional	= 0
Variables independientes	Sexo	Característica Femenino	= 1;
		demográfica Masculino	= 0
	Asociado	Característica Asociado	= 1;
		empresarial No asociado	= 0
Asistencia técnica	Asistencia técnica productiva	Característica Asistencia técnica	= 1;
		No Asistencia técnica	= 0

Experiencia	Característica productiva	Experiencia > 10 años	= 1;
		Experiencia < 10 años	= 0

2.3.2. Evidencia descriptiva. Del total de la muestra, el 70.15 % de los encuestados fueron hombres. A su vez, la Tabla 2 confirma que, del total de hombres, aproximadamente (27,65 %) practican la rotación del cultivo. En el caso de las mujeres, el porcentaje sobre el total de la muestra es del 29,85%. De esta manera, se observa un diferencial del 2,35% a favor de las mujeres en cuanto a las prácticas de rotación de cultivos.

Respecto al nivel educativo los hombres toman decisiones para realizar prácticas de rotación de cultivos aproximadamente el 23.40%. en el caso de las mujeres que tienen formación académica, presentan un mayor interés en la práctica de la rotación del cultivo en un 30%.

En cuanto a la característica empresarial, la Tabla 2 muestra una mayor participación en la asociatividad de los hombres aproximadamente es del 23,40%; mientras para en el caso de las mujeres la participación en asociatividad es baja en tan solo el 5%.

De igual forma, los hombres también cuentan con un acompañamiento técnico y uso de tecnología en el cultivo en un 70,21%. Por su parte, en el caso de las mujeres la cifra fue del 85%.

En continuidad, en lo que respecta a la experiencia mayor de 10 años, la Tabla 2 muestra que para el caso de los hombres es del 72.34%, para el caso de las mujeres con una experiencia mayor de 10 años es del 70%.

Tabla 2.

Estadísticas descriptivas.

Variable	Mujeres	Hombres
N° Observaciones	20	47
Frecuencia (%)	29,85%	70,15%
Nivel Educativo (Si=1) (%)	30,00%	23,40%
Rotación de Cultivos (Sí = 1) (%)	30,00%	27,65%

Asociado (Sí =1) (%)	5,00%	23,40%
Asistencia Técnica (Sí = 1) (%)	85,00%	70,21%
Experiencia >10 años (Sí = 1) (%)	70,00%	72,34%

Finalmente, las estadísticas descriptivas reportan mayor interés en realizar la rotación de cultivo para las mujeres en un 30%, mientras que en el caso de los hombres la frecuencia es de aproximadamente 27,65%.

Tabla 3.

Estadísticas descriptivas.

Detalle	Genero	Nivel Educativo	Experiencia años	Asociado	Área Predio (has)	Área Cultivada Arroz (has)	Practica Rotación	Asistencia Técnica y tecnología
Error típico	0,056	0,102	0,055	0,047	1,222	0,793	0,055	0,054
Desviación estándar	0,461	0,832	0,454	0,386	10,006	6,495	0,454	0,438
Varianza de la muestra	0,213	0,692	0,206	0,149	100,11	8	42,183	0,206
Curtosis	-1,226	-1,413	-1,068	0,960	8,816	16,849	-1,068	-0,680
Coefficiente de asimetría	0,901	0,446	-0,982	1,712	2,795	3,408	0,982	-1,158
Nivel de confianza (95.0%)	0,112	0,203	0,111	0,094	2,441	1,584	0,111	0,107

De la información antes descrita en la tabla No. 3 estadísticas descriptivas se puede analizar las variables así:

Tabla No. 4.

Análisis de Variables.

Dimensión	Hallazgo	Interpretación
-----------	----------	----------------

Educación	Asimetría positiva baja (0.45)	La mayoría posee educación media o técnica; pocos tienen niveles profesionales.
Experiencia	Sesgo negativo (-0.98)	La mayoría tiene mucha experiencia en el cultivo (probablemente más de 10 años).
Tamaño del predio y área cultivada	Alta varianza, curtosis alta, asimetría positiva	Existen desigualdades significativas en tamaño de predios: pocos productores concentran grandes áreas.
Práctica de rotación	Asimetría positiva (0.98)	Pocos practican rotación de cultivos; la mayoría mantiene monocultivo.
Asistencia técnica	Sesgo negativo (-1.15)	La mayoría recibe algún tipo de asistencia o acompañamiento técnico.
Asociación	Asimetría positiva (1.71)	Pocos productores están asociados; mayoría trabaja de forma independiente.

2.3.2 Estrategia empírica. Empíricamente, se emplea un modelo de variable de elección discreta. Proponiendo una regresión logística estimada mediante máxima verosimilitud. De acuerdo con Greene (2006), la probabilidad de realizar prácticas de rotación de cultivos, desde la educación (EDU) puede modelarse como se expresa en la ecuación 1:

$$\hat{p}_i(Y = 1, EDU_i) = \frac{e^{\hat{\beta}_0 + \sum \hat{\beta}_n x_{ni}}}{1 + e^{\hat{\beta}_0 + \sum \hat{\beta}_n x_{ni}}} = \Lambda(\beta x) \quad (1)$$

Utilizando una transformación logarítmica, la ecuación (1) puede expresarse como una función lineal de la razón de probabilidades sobre la EDU. Así:

$$\ln \hat{\Omega}_i = \hat{\beta}_0 + \sum_{n=1}^N \hat{\beta}_n x_{ni} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Donde el término $\hat{\Omega}_i$ es igual a $\hat{p}_i / (1 - \hat{p}_i)$ y representa la probabilidad sobre la EDU. A su vez, x_{ni} refiere al vector de valores observados para cada individuo i , para las n variables explicativas. En continuidad, el término $\hat{\beta}_n$ es el vector de parámetros a ser estimado para cada variable n y $\hat{\beta}_0$ es tomado como el intercepto. Finalmente, el término ε_i captura el término de error

el cual sigue una distribución logística para cada observación i . La influencia de las variables explicativas sobre la EDU se presenta en la ecuación 3:

$$EDU_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \text{Sexo} + \hat{\beta}_2 \text{Asociado} + \hat{\beta}_3 \text{Asistencia} + \hat{\beta}_4 \text{Experiencia} + \hat{\beta}_5 \text{Rotacion Cultivo} + \varepsilon_i \quad (3)$$

De acuerdo con Mancilla y Amorós (2015), los parámetros estimados en un modelo Logit solo muestran la dirección del efecto de cada variable n sobre la probabilidad $\hat{p}_i(Y = 1, EDU_i)$. Por tanto, es útil calcular los efectos marginales (dy/dx) para detectar los efectos de cada variable explicativa.

Aunque el tamaño muestral es relativamente pequeño constituye una restricción significativa, pues reduce la potencia estadística de las pruebas y aumenta el margen de error en las estimaciones. Según Gujarati y Porter (2009), muestras limitadas pueden generar coeficientes inestables y afectar la capacidad de generalización de los hallazgos hacia otras zonas productoras del departamento del Huila o del contexto nacional.

La posibilidad de endogeneidad potencial en algunas variables explicativas, como la asistencia técnica e implementación de tecnologías, formación académica o la asociatividad. Estas variables pueden estar correlacionadas con factores no observables como la motivación del productor o su orientación hacia la innovación que también inciden en la decisión de adoptar prácticas de rotación. La endogeneidad, si no se controla mediante instrumentos válidos o modelos alternativos (p. ej., modelos bietápicos o de variables instrumentales), puede sesgar los coeficientes e invalidar las inferencias causales (Wooldridge, 2010).

Otra limitación corresponde a la multicolinealidad, que puede presentarse entre variables socioeconómicas estrechamente relacionadas, como educación, ingresos, tamaño del predio y acceso a servicios de extensión. Este problema incrementa la varianza de los estimadores y reduce su significancia estadística, dificultando la interpretación precisa del peso relativo de cada factor (Greene, 2012).

Finalmente, el modelo no incorpora variables cualitativas o de percepción como la aversión al riesgo, la valoración ambiental o la experiencia previa con cultivos alternativos que también influyen en la decisión de rotar cultivos. Esta omisión puede limitar la capacidad explicativa del modelo, ya que la adopción tecnológica en agricultura no responde únicamente a factores económicos, sino también a dimensiones sociales, culturales e institucionales (Feder et al., 1985).

3 Marco teórico

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas en América Latina se ha convertido en un tema de creciente interés debido a la presión que ejercen los modelos de producción intensivos sobre los recursos naturales y la economía rural. En Colombia, el monocultivo del arroz ha representado un componente esencial de la seguridad alimentaria y del empleo agrícola, pero su permanencia prolongada ha generado problemas de degradación del suelo, contaminación de fuentes hídricas, incremento de plagas y reducción de la rentabilidad (FAO, 2021; FEDEARROZ, 2020). Estos impactos son especialmente evidentes en el municipio de Campoalegre – Huila, donde el sistema productivo arrocero ha enfrentado una crisis estructural derivada del uso intensivo de agroquímicos, la disminución de la fertilidad y la alta dependencia de insumos externos (DANE, 2023; UPRA, 2020).

Diversos estudios han resaltado que la rotación de cultivos constituye una de las estrategias más efectivas para revertir los efectos negativos del monocultivo. La rotación implica alternar especies vegetales en un mismo terreno, permitiendo la recuperación de nutrientes, el control biológico de plagas y la mejora en la estructura del suelo (López et al., 2018; Ramírez et al., 2019). Desde una perspectiva agroecológica, esta práctica no solo contribuye a la productividad sostenible, sino que también fortalece la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a la variabilidad climática (Terrón & Moro, 1992; Vanegas & Siau, 1994). En el caso particular del arroz, estudios como los de Díaz, Hernández y Cabello (2004) y Miranda (2001) evidencian que la rotación con maíz o leguminosas mejora significativamente el rendimiento y reduce la incidencia de enfermedades del suelo.

En el contexto colombiano, la rotación arroz–maíz ha sido identificada como una alternativa viable tanto desde el punto de vista técnico como económico (FENALCE, 2019; UPRA, 2020). Según la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, el maíz presenta un potencial productivo alto en zonas con condiciones agroecológicas similares a las del departamento del Huila, lo que facilita su integración como cultivo complementario dentro de los sistemas de rotación. Además, esta estrategia contribuye a la diversificación del ingreso rural y a la disminución del riesgo

económico y climático, aspectos fundamentales en el actual escenario de crisis arroceras (Ellis, 2000; FAO, 2021).

Sin embargo, la adopción de la rotación de cultivos no depende únicamente de su eficacia agronómica, sino también de factores socioeconómicos, institucionales y educativos que condicionan la toma de decisiones del productor. La literatura sobre adopción tecnológica en agricultura ha identificado como variables clave el nivel educativo, la experiencia productiva, la asistencia técnica, la asociatividad y la percepción del riesgo (Feder, Just & Zilberman, 1985; Rogers, 2003; Doss, 2006). En términos generales, se ha argumentado que un mayor nivel educativo incrementa la capacidad de los agricultores para interpretar información técnica y adoptar innovaciones. No obstante, estudios recientes muestran resultados heterogéneos: mientras que la educación básica y técnica favorecen la adopción de prácticas sostenibles, la educación profesional o universitaria, cuando está orientada hacia modelos convencionales, puede limitar la adopción de tecnologías agroecológicas (Abdulai & Huffman, 2014; Paltasingh & Goyari, 2018; Trinh et al., 2019).

En América Latina, varios estudios empíricos confirman esta relación ambivalente. Por ejemplo, Bravo-Ureta et al. (2016) y García y Fernández (2017) encontraron que los agricultores con formación técnica muestran mayor propensión a adoptar prácticas de conservación del suelo y manejo sostenible, debido a su enfoque práctico y contextualizado. En contraste, aquellos con educación universitaria tienden a favorecer estrategias de intensificación y especialización productiva. En Colombia, Patiño (2012) destacó que la educación, combinada con la asistencia técnica y el acceso a crédito, mejora la probabilidad de adoptar innovaciones agrícolas, aunque este efecto varía según la región y el tipo de práctica.

Otro factor relevante es la asistencia técnica y la extensión rural. Según Hall, Janssen, Pehu y Rajalahti (2006), los programas de extensión tradicionales centrados en la transferencia unidireccional de conocimiento son insuficientes para promover la innovación sostenible. En su lugar, se requiere un modelo participativo que fomente el aprendizaje colaborativo, la experimentación local y la creación de soluciones con los pequeños y medianos productores.

Estudios realizados por la FAO (2021) y el SEI (2023) en América Latina recomiendan fortalecer los sistemas de extensión agroecológica y crear redes de innovación territorial que conecten universidades, centros de investigación y asociaciones de productores para acelerar la adopción de prácticas sostenibles.

La asociatividad también juega un papel importante en la adopción de innovaciones. Las organizaciones de productores facilitan el acceso a información, asistencia técnica y financiamiento, además de generar economías de escala en la comercialización. Sin embargo, la participación efectiva depende del capital social, la confianza entre miembros y la gobernanza interna de las asociaciones (Ellis, 2000; García & Fernández, 2017). En el caso de Campoalegre, la baja participación en asociaciones limita la capacidad de negociación y la difusión de innovaciones, perpetuando estructuras productivas fragmentadas.

Desde una perspectiva institucional, la literatura reciente enfatiza la necesidad de alinear las políticas públicas con los objetivos de sostenibilidad y bioeconomía (CEPAL, 2020; SEI, 2023). En Colombia, los planes de ordenamiento productivo propuestos por la UPRA (2020, 2021) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020) buscan promover la diversificación y la estabilidad de las cadenas agroalimentarias. No obstante, la implementación de estas políticas enfrenta desafíos relacionados con la falta de articulación entre actores locales, la débil infraestructura de apoyo y la escasa inclusión de pequeños productores en los procesos de decisión.

En síntesis, la literatura revisada converge en que la adopción de la rotación de cultivos no depende únicamente de las condiciones técnicas del sistema agrícola, sino de un entramado complejo de factores educativos, económicos, institucionales y culturales. La evidencia sugiere que, para lograr una transición agroecológica efectiva, es necesario redefinir los contenidos educativos y fortalecer las políticas de extensión y financiamiento rural. En este sentido, la educación profesional debe ser reorientada hacia un enfoque de sostenibilidad práctica, la extensión rural debe adoptar métodos participativos de aprendizaje, y las políticas públicas deben fomentar incentivos económicos y ambientales coherentes con la conservación del suelo y la diversificación productiva.

4 Resultados y discusión

4.1 Regresión logística

Para estimar la probabilidad de la incidencia de la formación académica (educación) en la decisión de los pequeños y medianos productores arroceros para realizar prácticas de rotación de cultivos, se estimó la regresión logística, la razón de verosimilitud indica que las variables no son conjuntamente significativas para explicar el interés de los productores en revisar como alternativa la rotación de cultivo.

Tabla No.5

Resultados del Modelo Logístico.

Iteración 0: Probabilidad Logarítmica = -5.533775

Iteración 1: Probabilidad Logarítmica = -1.867828

Iteración 2: Probabilidad Logarítmica = -1.841411

Iteración 3: Probabilidad Logarítmica = -1.841408

Regresión Logística	Numero de observaciones =	67
	LR chi2(6)	= 7.38
	Probabilidad > chi2	= 0.2867
Probabilidad Logarítmica = -41.841408	Pseudo R2	= 0.0811

Variable	Coefficiente	Std. Err.	z	P> z	[95% Intervalo de Confianza] Inferior	[95% Intervalo de Confianza] Superior
edu_cod Profesional	-1,559	0,840	1,860	0,064	-3,205	0,088
edu_cod Tecnólogo	-0,603	0,622	0,970	0,332	-1,822	0,616

Sexo	-0,158	0,606	0,260	0,794	-1,347	1,030
Asociado	0,617	0,723	0,850	0,394	-0,800	2,033
asistencia técnica	-0,704	0,625	1,130	0,260	-1,929	0,520
Experiencia	-0,617	0,738	0,840	0,403	-2,064	0,829
_constante	1,098	0,862	1,270	0,203	-0,591	2,788

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

El modelo logit estimado tuvo como variable dependiente la probabilidad de que los productores no se dediquen exclusivamente al cultivo de arroz (*no_toda_arroz*). Entre las variables explicativas consideradas se incluyeron el nivel educativo, el sexo, la pertenencia a asociaciones, la asistencia técnica y la experiencia. El modelo fue estimado con un total de 67 observaciones, obteniéndose un LR $\chi^2(6) = 7.38$ con una probabilidad asociada de 0.2867, y un Pseudo R² de 0.0811, lo que indica una capacidad explicativa limitada del modelo en su conjunto.

En cuanto a los coeficientes estimados, la variable nivel educativo (*edu_cod*), los pequeños y medianos productores arroceros con formación profesional, mostró un coeficiente negativo (-1.5585) y un valor $p = 0.064$, lo que sugiere un efecto marginalmente significativo al 10%. Este resultado implica que, manteniendo las demás variables constantes, los pequeños y medianos productores arroceros con educación profesional tienen menores probabilidades de adoptar la rotación de cultivos en comparación con los productores arroceros con educación básica o media. En términos de razón de probabilidades, el coeficiente estimado equivale a un *odds ratio* de 0.21, lo que implica que los pequeños y medianos productores con educación profesional tienen aproximadamente un 79% menos de probabilidades de implementar la rotación de cultivos que los productores con menor nivel educativo. Aunque el efecto no resulta estadísticamente significativo al 5%, el signo y magnitud del coeficiente podrían reflejar que los productores con formación profesional tienden a mantener esquemas de producción más especializados o tecnificados, orientados al monocultivo, mientras que aquellos con menor escolaridad optan por prácticas más diversificadas y tradicionales.

Las demás variables sexo, asociación, asistencia y experiencia no mostraron efectos estadísticamente significativos, lo cual sugiere que no existen diferencias sustanciales en la probabilidad de que los productores arroceros realicen prácticas de rotación de cultivos según estas características.

Tabla No. 6

Análisis de los efectos marginales del modelo logístico.

Numero de observaciones =

Efecto Marginal Promedio 67

Modelo VCE: OIM

Expresión: Pr(no_toda_arroz), predecir()

dy/dx con respecto a: 2.edu_cod 3.edu_cod sexo asociado asistencia técnica experiencia

Variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Intervalo de Confianza] Inferior	[95% Intervalo de Confianza] Superior
edu_cod Profesional	-0,334	0,153	-2,180	0,029	-0,634	-0,034
edu_cod Tecnólogo	-0,143	0,146	-0,980	0,327	-0,429	0,143
Sexo						
Asociado	-0,034	0,131	-0,260	0,794	-0,292	0,223
asistencia técnica	0,134	0,154	0,870	0,384	-0,167	0,435
Experiencia	-0,153	0,131	-1,170	0,242	-0,409	0,103
	-0,134	0,157	-0,850	0,394	-0,443	0,174

Nota: dy/dx Para los niveles de factor es el cambio discreto desde el nivel base

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

El análisis de los efectos marginales promedio se realizó con el fin de interpretar el impacto de cada variable independiente sobre la probabilidad de que los pequeños y medianos productores no se dediquen exclusivamente al cultivo de arroz (*no_toda_arroz*). Este procedimiento permite traducir los coeficientes del modelo logit a cambios marginales en probabilidades, facilitando su interpretación práctica. El modelo se estimó con 67 observaciones, y las variables incluidas fueron el nivel educativo (*edu_cod*), el sexo, la pertenencia a asociaciones (*asociado*), la asistencia técnica (*asistencia*) y la experiencia agrícola (*experiencia*).

En los resultados obtenidos se observa que únicamente la categoría Profesional del nivel educativo muestra un efecto estadísticamente significativo. El efecto marginal estimado para esta categoría es de -0.334 con un valor $p = 0.029$, con un intervalo de confianza del 95% entre -0.634 y -0.034. Este resultado indica que, manteniendo constantes las demás variables, los pequeños y medianos productores con formación profesional tienen un 33,4% menos de probabilidad de implementar prácticas de diversificación agrícola, en comparación con los productores con educación básica o media. Este resultado, aunque contraintuitivo, coincide con investigaciones previas que señalan que la educación formal superior no siempre se traduce en una mayor adopción de tecnologías sostenibles, especialmente cuando los programas académicos carecen de un enfoque agroecológico o de gestión ambiental (Feder et al., 1985; Rogers, 2003).

En contraste, la categoría Tecnólogo presenta un efecto marginal negativo de -0.143, pero sin significancia estadística ($p = 0.327$), lo que sugiere que su influencia sobre la variable dependiente no es concluyente. Las variables sexo, asociado, asistencia y experiencia tampoco muestran efectos significativos (valores $p > 0.05$), lo cual implica que, dentro del modelo estimado, no existe evidencia estadística de que estas características afecten la probabilidad de la diversificación productiva.

Es posible que la educación profesional esté orientada hacia la eficiencia productiva o el monocultivo tecnificado, reduciendo el incentivo para adoptar prácticas como la rotación, percibidas como menos rentables en el corto plazo. Asimismo, la menor adopción puede reflejar una desconexión entre la formación profesional y las condiciones locales del sistema agrícola, donde la experiencia empírica y la asistencia técnica adaptada al contexto resultan más determinantes para la sostenibilidad. En conjunto, los resultados sugieren que la educación profesional, en ausencia de una orientación práctica hacia la sostenibilidad, puede limitar la transición hacia sistemas agrícolas más resilientes y diversificados.

Estos resultados guardan coherencia con evidencia empírica reportada en América Latina y Asia. En países como Perú, Ecuador y México, se ha observado que los agricultores con mayor

nivel educativo formal suelen priorizar estrategias de intensificación productiva sobre prácticas agroecológicas, limitando la adopción de sistemas rotativos o diversificados (Paltasingh & Goyari, 2018; Bravo-Ureta et al., 2016). De manera similar, investigaciones en Filipinas y Vietnam demuestran que la educación universitaria no necesariamente incrementa la probabilidad de adoptar innovaciones sostenibles, dado que los productores más instruidos tienden a orientarse hacia mercados más competitivos y tecnologías de alto rendimiento (Abdulai & Huffman, 2014; Trinh et al., 2019). En contraste, la educación técnica y la capacitación práctica han mostrado efectos positivos en la adopción de la rotación de cultivos y el manejo sostenible del suelo, al estar más alineadas con las necesidades y realidades locales. En conjunto, los resultados de este estudio sugieren que la educación profesional, en ausencia de un enfoque práctico y contextualizado hacia la sostenibilidad, puede limitar la transición hacia sistemas agrícolas más resilientes, equitativos y ambientalmente sostenibles.

Estudios en Colombia y Latinoamérica muestran efectos mixtos de la educación. Patiño (2012) encontró que educación y nivel formativo generalmente aumentan la probabilidad de adoptar prácticas agronómicas pero ese efecto depende del tipo de práctica y del capital humano disponible.

En estudios sobre adopción de paquetes tecnológicos (p. ej. Martínez et al., 2023; Alarcón, 2016) la educación suele favorecer la adopción de tecnologías complejas, pero no siempre de prácticas de diversificación que no son percibidas como rentables a corto plazo.

5 Conclusiones e implicaciones de política

5.1 Conclusiones

Los resultados del estudio revelan que la educación profesional presenta un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre la probabilidad de adopción de prácticas sostenibles como la rotación de cultivos, mientras que variables como la experiencia, la asistencia técnica y la asociatividad no mostraron efectos significativos. Este resultado sugiere que el nivel educativo, por sí solo, no garantiza una mayor predisposición hacia prácticas sostenibles, y que el tipo y orientación de la formación desempeñan un papel determinante. En contextos rurales, donde predominan estructuras productivas desiguales y economías basadas en monocultivos, la educación profesional puede estar más alineada con modelos de intensificación agrícola orientados a la eficiencia económica que con enfoques agroecológicos o de manejo sostenible del suelo.

Asimismo, se observó que la experiencia acumulada y la asociatividad no necesariamente se traducen en mayores prácticas de rotación de cultivos, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la articulación entre conocimiento técnico, extensión rural y prácticas sostenibles contextualizadas. En conjunto, los resultados indican que la sostenibilidad integral (ambiental, económica y social) depende no solo de la disponibilidad de conocimiento, sino de la pertinencia y aplicabilidad de ese conocimiento en los sistemas agrícolas locales.

En conjunto, los resultados del modelo muestran una tendencia coherente con los hallazgos de estudios previos en América Latina, en los que el nivel educativo, la asociatividad y la asistencia técnica suelen influir en la adopción de innovaciones agrícolas, aunque su efecto varía según el contexto institucional y el tipo de práctica. No obstante, la falta de significancia estadística en la mayoría de las variables y el bajo poder explicativo del modelo sugieren la necesidad de ampliar la muestra y considerar variables adicionales como tamaño de finca, acceso a crédito o percepción de riesgo, así como explorar posibles problemas de multicolinealidad y endogeneidad que podrían estar afectando las estimaciones.

A pesar de las limitaciones antes mencionadas, los resultados del estudio constituyen una base empírica sólida para comprender los determinantes de la adopción de prácticas agroecológicas en el sistema arrocero local y orientar futuras investigaciones con muestras ampliadas y diseños econométricos más robustos.

Si bien el presente estudio aporta evidencia relevante sobre la relación entre educación profesional y adopción de prácticas sostenibles, presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, el tamaño de la muestra ($n=67$) restringe la capacidad de generalizar los resultados a toda la población de pequeños y medianos productores arroceros, por lo que los resultados deben entenderse como un análisis exploratorio. En segundo lugar, la naturaleza transversal de los datos impide establecer relaciones causales firmes entre educación, adopción de rotación de cultivos y sostenibilidad, limitando el análisis a asociaciones estadísticas. Asimismo, la medición de algunas variables, como la asistencia técnica y la experiencia, pudo no capturar adecuadamente la calidad o intensidad de estos factores, lo cual puede subestimar su efecto real sobre la adopción tecnológica.

Futuras investigaciones deberían ampliar el tamaño y la diversidad de la muestra, incorporando pequeños y medianos productores de diferentes regiones y sistemas productivos, con el fin de contrastar la consistencia de los resultados en distintos contextos agroecológicos y socioeconómicos. Además, se recomienda emplear metodologías mixtas que integren análisis cuantitativos y cualitativos, permitiendo comprender no solo los factores estadísticamente asociados, sino también las percepciones, motivaciones y barreras sociales que condicionan la adopción de prácticas sostenibles. Igualmente, se sugiere incluir variables institucionales y de política pública, como acceso al crédito verde, certificaciones sostenibles o participación en programas de extensión agroecológica, que podrían modificar la relación observada entre educación y sostenibilidad. Finalmente, futuros estudios longitudinales permitirían evaluar los efectos dinámicos de la educación y la innovación en el tiempo, aportando evidencia más robusta sobre los mecanismos de transición hacia sistemas agrícolas sostenibles y resilientes.

5.2 Implicaciones y recomendaciones de política pública

Los resultados de la investigación permiten derivar varias implicaciones relevantes para la formulación y ajuste de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad del sistema arrocero y la promoción de la diversificación productiva en el municipio de Campoalegre y en otras regiones con condiciones similares. En primer lugar, el hallazgo de que la educación profesional presenta un efecto negativo sobre la probabilidad de adoptar la rotación de cultivos revela la necesidad de reorientar los programas de formación agrícola hacia un enfoque agroecológico y contextualizado. Las políticas educativas rurales deben integrar componentes de sostenibilidad, manejo del suelo y diversificación productiva en los currículos universitarios y técnicos, con el fin de fortalecer una cultura agrícola basada en la resiliencia ambiental y económica.

En segundo lugar, la débil incidencia de variables como la asistencia técnica, la experiencia y la asociatividad sobre la adopción de la rotación evidencia deficiencias estructurales en los sistemas de extensión rural. En este sentido, se requiere fortalecer los programas públicos de extensión agropecuaria mediante la creación de escuelas de campo y redes territoriales de innovación, que promuevan el aprendizaje práctico, la experimentación local y el intercambio de conocimientos entre productores. Estas estrategias deben estar acompañadas de incentivos financieros y técnicos que reduzcan el riesgo percibido de la transición hacia sistemas agrícolas más diversificados.

Asimismo, las políticas agropecuarias deben incorporar instrumentos de financiamiento verde y crédito rural diferenciado, que faciliten la inversión en prácticas sostenibles como la rotación de cultivos, el uso de bioinsumos y la conservación de suelos. La creación de líneas de crédito específicas para pequeños y medianos productores que adopten prácticas agroecológicas puede aumentar la viabilidad económica de estas iniciativas, especialmente en contextos de vulnerabilidad como el departamento del Huila. En paralelo, la implementación de seguros agrícolas adaptados al riesgo climático contribuiría a reducir la exposición de los productores ante eventos de sequía o variabilidad estacional, factores que históricamente han afectado la producción arrocera.

Desde una perspectiva institucional, los resultados subrayan la necesidad de articular los esfuerzos del Ministerio de Agricultura, la UPRA, FEDEARROZ y FENALCE en torno a políticas coherentes de bioeconomía y diversificación agrícola. La coordinación interinstitucional debe orientarse hacia la generación de mercados alternativos para productos como el maíz y otros cultivos rotativos, fortaleciendo las cadenas de valor y los mecanismos de comercialización directa, que reduzcan la dependencia de intermediarios y aumenten los ingresos de los productores.

Finalmente, la evidencia empírica del estudio indica que la sostenibilidad del sistema arrocero no puede alcanzarse únicamente mediante intervenciones técnicas, sino a través de políticas integrales que consideren las dimensiones educativas, económicas, institucionales y culturales del territorio. Por tanto, se recomienda que las estrategias de desarrollo rural incluyan indicadores de sostenibilidad social y ambiental, fomenten la participación de los productores en la planificación territorial y promuevan la gobernanza colaborativa de los recursos naturales. La consolidación de estas políticas permitiría avanzar hacia una **transición agroecológica justa**, donde la rotación de cultivos se consolide como una herramienta clave para la seguridad alimentaria, la regeneración del suelo y la estabilidad económica de las comunidades rurales del departamento del Huila.

6 Referencias

- Abdulai, A., & Huffman, W. (2014). The adoption and impact of soil and water conservation technology: An endogenous switching regression application. *Land Economics*, 90(1), 26–43. <https://doi.org/10.3368/le.90.1.26>
- Alarcón, M. (2016). *Adopción de tecnologías sostenibles en la agricultura latinoamericana*. Universidad Nacional de Colombia.
- Bravo-Ureta, B., et al. (2016). *Productivity and efficiency in Latin American agriculture*. Springer.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. (2020). *Transformación rural y sostenibilidad en América Latina: Desafíos para la política pública*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45673>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2023). *Quinto Censo Nacional Arrocero: Segunda entrega. Boletín productores, UPAS y otras variables*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuaria/censo-nacional-arrocero>
- Decreto 155 de 2004. (2004, enero 23). *Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones*. Ministerio de Ambiente. *Diario Oficial No. 45.439*.
- Díaz, G., Hernández, T., & Cabello, R. (2004). La rotación de cultivos: Un camino a la sostenibilidad de la producción arrocera. *Cultivos Tropicales*, 19–44.
- Doss, C. R. (2006). Analyzing technology adoption using microstudies: Limitations, challenges, and opportunities for improvement. *Agricultural Economics*, 34(3), 207–219.
- Ellis, F. (2000). *Rural livelihoods and diversity in developing countries*. Oxford University Press.
- Feder, G., Just, R., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2), 255–298.
- FEDEARROZ. (2016). *IV Censo Zona Centro*. https://www.fedearroz.com.co/documents/866/Libro_zona_Centro.pdf

FEDEARROZ. (2020). *Contexto mundial y nacional del cultivo de arroz: 2000–2020*. <https://www.fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/investigaciones-economicas/publicaciones-economicas>

FENALCE. (2019). *Maíz para Colombia: Visión 2030*. <https://www.fenalce.co/documentos-de-interes/maiz-para-colombia-vision-2030>

Flores, J. (1984). *La fertilidad del suelo y las rotaciones agrícolas*. Editorial Trillas.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2021a). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2021b). *Agroecology and food system transformation in Latin America and the Caribbean*. FAO.

García, J., & Fernández, P. (2017). Diversificación productiva y sostenibilidad agrícola en comunidades rurales latinoamericanas. *Revista de Economía Agraria*, 45(2), 98–115.

Greene, W. H. (2006). *Econometric analysis* (5th ed.). Prentice Hall.

Greene, W. H. (2012). *Econometric analysis* (7th ed.). Pearson Education.

Hall, A., Janssen, W., Pehu, E., & Rajalahti, R. (2006). *Enhancing agricultural innovation: How to go beyond the strengthening of research systems*. The World Bank.

Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

López, M., Pérez, J., & Rojas, C. (2018). Efectos de la rotación de cultivos en la productividad y sostenibilidad del suelo. *Revista Colombiana de Agronomía*, 36(1), 45–56.

Mancilla, J., & Amorós, J. (2015). Modelos logit y probit en el análisis de decisiones agrícolas. *Revista de Economía y Desarrollo Rural*, 12(2), 55–72.

Martínez, L., Pérez, C., & Durán, A. (2023). Adopción de paquetes tecnológicos y sostenibilidad en sistemas agrícolas de América Latina. *Revista Latinoamericana de Economía Agraria*, 29(1), 77–95.

Miranda, H. (2001). Efecto de la rotación en arroz. *Arroz*, 21(4), 23.

-
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Plan de ordenamiento productivo para el desarrollo, estabilidad y especialización de la cadena arrocera colombiana 2020–2028*.
- Paltasingh, K. R., & Goyari, P. (2018). Impact of farmer education on farm productivity under varying technologies: Case of paddy growers in India. *Agricultural and Food Economics*, 6(1), 7–15.
- Patiño, M. (2012). *Factores que determinan la adopción de prácticas agronómicas en regiones altoandinas de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez, A. (1979). Manejo de suelos con relación al cultivo de maíz en el Valle del Cauca (pp. 192–230).
- Ramírez, A., Torres, F., & Díaz, G. (2019). Prácticas sostenibles de rotación de maíz y su impacto en la fertilidad del suelo. *Agrosistemas*, 17(2), 23–35.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- SEI – Stockholm Environment Institute. (2023). *Bioeconomía para la sostenibilidad en América Latina*. Stockholm Environment Institute.
- Terrón, P., & Moro, R. (1992). *Sistemas agrícolas con rotaciones y alternativas de cultivos* (p. 134). Ediciones Mundial.
- Trinh, T., Rañola, R., & Beltran, J. (2019). Farmers' education and adoption of sustainable rice cultivation in Vietnam. *Asian Journal of Agricultural Development*, 16(2), 45–60.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPRA. (2020). *Plan de ordenamiento productivo: Análisis situacional de la cadena productiva de maíz en Colombia* (Versión 3, agosto 13 de 2020). <https://www.upra.gov.co/plan-de-ordenamiento-productivo-para-la-cadena-de-maiz>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPRA. (2021). *Línea base de indicadores de la cadena productiva del maíz*. https://www.upra.gov.co/documents/10184/198664/20210813_DT_LB_MAIZ/d555e31-382d-44a5-b4eb-a1187b0c1c84
- Vanegas, R., & Siau, G. (1994). Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. *Agroecología y Desarrollo*, (7), 15–28.
- Visión Colombia 2050. (s. f.). *Discusión sobre el país del futuro*.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.

Zumeta, M. (1989). *Diferentes alternativas de rotación de cultivos para el arroz* [Trabajo de diploma]. Centro Universitario de Pinar del Río.