

Análisis de innovaciones y prácticas en el cultivo de arracacha en Cajamarca, Colombia

Analysis of innovations and practices in the cultivation of arracacha in Cajamarca, Colombia

Recibido: diciembre 10 de 2023

Aceptado: abril 23 de 2024

Publicado: mayo 15 de 2024

Cómo citar este artículo: Navarro-Niño, D. A., & Jaramillo-Barrios, C. I. (2024). Análisis de innovaciones y prácticas en el cultivo de arracacha en Cajamarca, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 14 (1), 179-200.

doi: <https://doi.org/10.19053/uptc.20278306.v14.n1.2024.17628>

Diego Alberto Navarro-Niño

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia),
Centro de investigación Nataima, El Espinal, Tolima, Colombia.

E-mail: dnavarro@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3811-1406>

Camilo Ignacio Jaramillo-Barrios

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia),
Centro de investigación Nataima, El Espinal, Tolima, Colombia

E-mail: cjaramillo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8302-2736>

Resumen

El objetivo del estudio fue analizar el índice de adopción de innovaciones del cultivo de arracacha en el municipio de Cajamarca, Tolima, Colombia. Se utilizó un diseño de muestreo aleatorio simple para seleccionar una muestra de 104 productores a partir de una población conocida, con un nivel de confianza del 90% y un error máximo permisible del 10%. Se evaluaron 28 innovaciones relacionadas con el cultivo, además de una caracterización de productores. Se calculó el índice de adopción de innovaciones, la tasa de adopción de innovaciones, además de un análisis estadístico descriptivo univariado y el análisis multivariante de correspondencias múltiples. Se observó una tendencia hacia la adopción de prácticas destinadas a aumentar la productividad en el cultivo de arracacha, aunque se evidenció la falta de asistencia técnica y servicios de extensión rural, así como la necesidad de fortalecer los procesos de asociatividad y la participación de los agricultores en procesos de aprendizaje.

Palabras clave: adopción de innovaciones, extensión agrícola, *arracacia xanthorrhiza*, agricultores.

Abstract

The objective of this study was to analyze the adoption rate of innovations of the cultivation of arracacha in the municipality of Cajamarca, Tolima, Colombia. A simple random sampling design was used to select a sample of 104 producers from a known population with a 90% confidence level and a maximum permissible error of 10%. Twenty-eight crop-related innovations were evaluated, in addition to a producer characterization. The innovation adoption rate were calculated, in addition to a descriptive univariate and multivariate multiple correspondences statistical analysis. There was a trend towards the adoption of practices aimed at increasing productivity in arracacha cultivation, although the lack of technical assistance and rural extension services was evident, as well as the need to strengthen associativity processes and active farmer participation in learning processes.

Keywords: innovations adoption, agricultural extension, *arracacia xanthorrhiza*, farmers.

1. Introducción

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr), es una planta herbácea típica de la región andina, versátil en diferentes zonas agroecológicas que están en un rango de altitudes entre 1500 y 3000 m.s.n.m.; es importante en el sector agroalimentario porque constituye fuentes de energía tradicionales básicas para la seguridad alimentaria en la región (Leidi et al., 2018). La producción es predominante en Brasil, pero también tiene presencia en Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y Ecuador (Salazar et al., 2021). En Colombia se cultiva en 14 regiones, con un promedio de rendimiento de 9,84 t ha⁻¹. El departamento del Tolima lidera la producción nacional con el 72%, destacándose el municipio de Cajamarca con el 93% de producción y un rendimiento de 12 t ha⁻¹ (Garnica-Montaña et al., 2021a).

En los últimos años el interés por la Arracacha ha aumentado, principalmente en Colombia donde las plantaciones han incrementado considerablemente con nuevos materiales, como Agrosavia La 22 con 2000 ha (AGROSAVIA, 2023). Existen diversas variedades cultivadas en el país, siendo 'Amarilla común' y "Agrosavia la 22" las más sobresalientes para el municipio de Cajamarca, donde 33 de sus 42 veredas están dedicadas a este cultivo de manera tradicional, cubriendo un área de 4521 ha dentro de una extensión total de 520 km² (Garnica-Montaña et al., 2021a; Luziatelli et al., 2023). Esta dedicación le ha concedido a Cajamarca el reconocimiento como el productor principal y destacado de arracacha en Colombia (Londoño & Lugo, 2020).

En Colombia se han observado impactos en sistemas tradicionales que inciden en las producciones y rendimientos, entre los cuales se resaltan la vulnerabilidad a enfermedades

y el empleo de semillas de baja calidad y la realización de prácticas agronómicas inadecuadas por parte de los agricultores, con una preferencia desde 1980 al monocultivo (Doughman, 2020), lo que ha generado un bajo acceso a asistencia técnica y procesos de extensión rural, con una disminución en la competitividad de su sistema productivo (Villamil-Carvajal et al., 2023).

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), entre 2013 y 2019 realizó la evaluación de diferentes materiales vegetales de arracacha, que dieron la obtención de una de las primeras variedades de arracacha para Colombia, con un color 100% amarillo, la cual es llamada Agrosavia la 22, con un elevado rendimiento y apropiada para las zonas agroecológicas de la región andina (Garnica-Montaña et al., 2021b). Lo anterior refuerza la tendencia en Latinoamérica de responsabilizar a los agricultores en dar prioridad a la modernización de la producción y respaldar la agricultura moderna tradicional (Landini & Conti, 2023).

En cuanto a la innovación, existen diferentes conceptos: uno de ellos la define como la introducción de un producto, proceso, servicio o modelo de negocio nuevo o uno mejorado en el mercado (Sotomayor et al., 2011). La adopción de una innovación tecnológica se explica como el procedimiento por el que un agricultor sustituye una práctica habitual por otra avanzada o innovadora, lo que conlleva una etapa de aprendizaje y una transformación del sistema productivo. Un ejemplo de esto podría ser la introducción de un herbicida que ofrezca un costo más asequible y mayor eficacia en el control de arvenses (Sánchez-Toledano et al., 2018). En este sentido, la difusión de una innovación o tecnología se caracteriza como el proceso mediante el cual un público específico deci-

de o no, adoptar nuevos productos (Duque, 2018).

Se han realizado investigaciones que evalúan indicadores como el Índice de Adopción de Innovaciones (INAI), cuantificando los niveles de adopción de un productor, con el objetivo de fortalecer los procesos de extensión rural. Estas evaluaciones se han realizado en el sector pecuario (Aguilar-Gallegos et al., 2017), en frutales (Ávalos et al., 2014; Ramírez-Gómez et al., 2023), donde se evidencia la importancia de conocer el estado actual de adopción de los productores y ser más eficientes en los procesos de intervención a nivel local.

No obstante, existe un vacío sobre las prácticas innovadoras realizadas por los agricultores de arracacha, por lo que este trabajo contribuiría a ese primer acercamiento y continuar un proceso de evaluación y seguimiento para futuros estudios. Adicionalmente, es importante la caracterización de estos productores de arracacha a partir de diferentes variables dentro de los diferentes sistemas productivos. Para ello, se ha empleado la técnica del análisis de correspondencias múltiples, en donde se puede analizar la asociación entre las distintas categorías (Escobar et al., 2019; Gaitán y Ríos, 2020).

La presente investigación tiene como objetivo analizar los niveles de adopción de innovaciones o prácticas en la producción de arracacha, junto con la caracterización de los agricultores para este sistema productivo. Esto permitirá identificar aspectos críticos que deben tenerse en cuenta para fortalecer los procesos de adopción, lo cual a su vez permitirá robustecer las capacidades y optimizar la orientación de los recursos públicos y humanos destinados a facilitar eficazmente la transferencia de tecnología (Ramírez-Gómez et al., 2023).

2. Metodología

El trabajo se desarrolló en el municipio de Cajamarca, Tolima – Colombia, durante el año 2022. Se encuestaron productores de las 27 veredas más productoras de arracacha. La recolección, el almacenamiento y el análisis de los datos se realizaron con el consentimiento informado y la autorización de los productores involucrados en el estudio. La base de datos con la información de los productores de arracacha del municipio, proporcionada por AGROSAVIA, se utilizó como población de estudio. Se empleó un diseño de muestreo aleatorio simple y se fijó el tamaño de la muestra utilizando la ecuación 1, para una población conocida (Aguilar-Ávila et al., 2020). Se seleccionó una muestra compuesta por 104 productores.

$$n = \frac{Npq}{\left(\frac{N-1}{Z^2}\right) d^2 p^2 + pq} \quad (1)$$

Dónde: n = Número de participantes a encuestar; N = Número total de participantes en la población (304); d = Precisión: 10%=0.1; Z = Para poblaciones mayores a 100, la confiabilidad se estimó al 90%=1.64; p = Proporción total de la población =0.8; q = Diferencial de p : $(1-p) = 0.2$.

En este diagnóstico se usó la metodología de Aguilar-Avila et al. (2020), para analizar los procesos de innovación en el sector rural. Se estableció una línea base de análisis de innovación para la producción de arracacha, utilizando una clasificación de innovaciones por categorías (Aguilar-Ávila et al., 2020). La clasificación se construyó a través de un taller con especialistas en el cultivo, que lo componen investigadores y otros actores internos o externos de AGROSAVIA, que participaron en procesos de investigación y transferencia.

A través de encuestas a los productores, se definieron los indicadores para el análisis. El primero es el Índice de Adopción de Innovaciones (INAI), que mide la proporción de innovaciones tecnológicas adoptadas por los productores para mejorar su sistema productivo. El segundo es la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI), que evalúa el grado de adopción de las innovaciones enumeradas en las prácticas e innovaciones (Aguilar-Ávila et al., 2020). El tercero, la caracterización de los productores de arracacha, por medio de un análisis estadístico descriptivo y un análisis de correspondencias múltiples (ACM). Estas técnicas se han empleado previamente en otras investigaciones para evaluar la adopción de prácticas o innovaciones tecnológicas en el ámbito agrícola o caracterización de productores (Aguilar-Gallegos et al., 2015; Escobar et al., 2019; Ramírez-Gómez et al., 2023).

El proceso de innovación se estableció a través del cálculo del *INAI* y la *TAI*. El *INAI* es un indicador que evalúa el grado de adopción de una serie de innovaciones o prácticas por parte de una persona, empresa, productor u otro actor encuestado, estimado con la ecuación 2 (Aguilar-Ávila et al., 2020).

$$IAIC_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n Innov_{jk}}{n} \quad (2)$$

Donde: $IAIC_{ik}$ = Grado de adopción de innovaciones o prácticas del i -ésimo agricultor en la k -ésima clasificación; $Innov_{jk}$ = Existencia de la j -ésima innovación en la k -ésima clasificación; n = Número total de innovaciones o prácticas en la k -ésima clasificación.

El *InAI* de cada entrevistado se calcula promediando los valores del *IAIC*, y se formula mediante la ecuación 3.

$$InAI_i = \frac{\sum_{j=1}^n IAIC_{jk}}{n} \quad (3)$$

Donde: $InAI_i$ = Índice o grado de adopción de innovaciones del i -ésimo agricultor; $IAIC_k$ = Índice o grado de adopción del i -ésima 1 en la k -ésima; categoría; k = Número total de clasificaciones.

La *TAI* se refiere al número de adopciones de un conjunto específico de innovaciones propuestas por una clasificación (Zarazúa et al., 2009), calculada con la ecuación 4.

$$TAI\% = \frac{nPAI}{nTP} \times 100 \quad (4)$$

Donde: *TAI* = Tasa de adopción de prácticas o innovaciones; $nPAI$ = Número de productores que han adoptado la innovación; nTP = Número total de productores.

Se utilizó Excel para calcular los indicadores o parámetros de innovación, siguiendo las directrices de la guía metodológica de análisis de innovación de Aguilar-Ávila et al. (2020). Para calcular parámetros de innovación se evaluaron 28 innovaciones divididas en 8 categorías, a saber: a) Nutrición, b) Sanidad, c) Manejo sostenible de recursos, d) Establecimiento y manejo de la plantación, e) Administración, f) Organización, g) Cosecha y h) Mejoramiento genético. Para el ACM, se usó el programa estadístico R versión 4.3.1. (R core Team, 2023).

El análisis de correspondencias múltiples es una extensión de análisis de correspondencias simple, donde se puede estudiar visualmente la naturaleza de la asociación entre más de dos variables categóricas (Escobar et al., 2019; Alhuzali et al., 2022). En este caso, los indicadores fueron clasificados en una escala binaria (se emplea o no se emplea). Además, se categorizaron las variables edad, años de experiencia, hectáreas sembradas de arracacha la 22, área total finca, rendimiento y años de escolaridad. Para el ACM se usó el método

de Burt. Un mapa de correspondencia múltiple facilita la interpretación de las relaciones en la tabla de correspondencia (Greenacre & Blasius, 2006). Se aplicó la función *dimdesc* para determinar las variables más correlacionadas con las dimensiones producidas en el MCA, utilizando el coeficiente de determinación (R^2). Cada dimensión fue evaluada mediante un análisis de varianza, derivando una prueba F para determinar si la variable afectaba a la dimensión evaluada, y se llevó a cabo también una prueba T categoría por categoría (Escobar et al., 2019).

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de los productores de arracacha

En la Tabla 1, se muestra la información relacionada con la caracterización de los productores de arracacha. Se observa que

el área promedio de siembra con el material regional amarilla común es de $3,74 \pm 0,45$ ha, con un promedio de rendimiento de $11,46 \pm 0,63$ t ha⁻¹; en contraste, la variedad de arracacha Agrosavia la 22 se siembra en un área promedio de $2,96 \pm 0,38$ ha, con una media de rendimiento de $20,22 \pm 0,68$ t ha⁻¹. El agricultor de arracacha tiene un área total promedio de $11,23 \pm 1,04$ ha, y la media de años de experiencia en el cultivo es de $25,22 \pm 1,27$ años, lo que denota el arraigo que tiene este cultivo para la región y su incidencia cultural a la hora de tomar decisiones (Londoño & Lugo, 2020). La edad promedio del agricultor es de $53,05 \pm 1,09$ años, con un grado de escolaridad en años de cinco. Para la variable género, se tiene que el 92,31% son hombres y el 7,69% son mujeres; de otro modo, está el acceso a crédito agropecuario por parte de los productores, en el que el 60,58% tiene acceso a servicio mientras que el 39,42% no lo presenta.

Tabla 1. Caracterización de productores de arracacha en Cajamarca, Colombia.

Atributos	Mín.	Máx.	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Error estándar
Área común (ha)	0,25	22	3,74	3,74	94,84	0,45
Área Agrosavia la 22 (ha)	0,2	30	2,96	3,71	125,31	0,38
Rendimiento común (t/ha)	1,88	29,17	11,46	5,25	46,72	0,63
Rendimiento Agrosavia la 22 (t/ha)	6,73	35,84	20,22	6,73	35,37	0,68
Área total de la finca (ha)	1	60	11,23	10,56	93,98	1,04
Años de experiencia en el cultivo	1	60	25,22	12,90	51,16	1,27
Edad del agricultor (años)	27	83	53,05	11,07	20,88	1,09
Escolaridad (años)	0	15	5	3,39	66,18	0,33
Género	92,31% hombres	7,69% mujeres				
Usa crédito agropecuario	60,58% Si	39,42% No				

Las características de los productores de arracacha de Cajamarca, referente a edad y experiencia en el cultivo, son similares a lo encontrado en diferentes estudios en Latinoamérica, donde se observa un promedio de edad de los cultivadores de 50 años y 23 años de experiencia (Ballesteros et al., 2021). El rendimiento promedio de la arracacha común es de 11,46 t ha⁻¹, lo que se aproxima a lo reportado en las evaluaciones agropecuarias de Colombia de 2019, con 10,60 t ha⁻¹ (UPRA, 2022). En cambio, el rendimiento promedio estimado en la variedad Agrosavia 22 es mayor en un 50%, de acuerdo con lo reportado en estudios para Cajamarca con las variedades regionales (Villamil-Carvajal et al., 2023); por lo anterior, este tipo de

variedades son una alternativa tecnológica importante que los productores de arracacha pueden adoptar.

El área total de los predios de productores de Cajamarca, según este estudio, está en 11,23±1,04 ha, lo cual, se asemeja con otros estudios de Cajamarca, que nos mencionan que los predios rurales tienen un área menor a 15 hectáreas (Londoño & Lugo, 2020), lo que permite comprobar, que la producción agropecuaria se desarrolla en pequeñas extensiones familiares campesinas. En la Tabla 2 se muestran las innovaciones o prácticas y categorías para la producción de arracacha en Cajamarca, Tolima, establecidas por los expertos consultados.

Tabla 2. Clasificación de prácticas e innovaciones en el cultivo de arracacha.

Categoría	Prácticas e Innovaciones
a. Nutrición	1) Uso de análisis de suelo para determinar la dosis de fertilización; 2) Aplicar fertilizantes al suelo con más de dos aplicaciones enterrado o inyectada; 3) Encalado o uso de enmiendas.
b. Sanidad	4) Monitoreo sobre plagas y enfermedades para aplicar plaguicidas; 5) Eliminación de plantas diferentes; 6) Selección de colinos de calidad sin lesiones oscuras; 7) Desinfección de los colinos para la siembra.
c. Manejo sostenible de recursos	8) Manejo biológico de plagas y enfermedades; 9) Producción y/o utilización de fertilizantes orgánicos; 10) Aplicación de riego.
d. Establecimiento y manejo de la plantación	11) Establece la plantación con base en características del lote; 12) Tiene en cuenta la altitud para la siembra; 13) Ahoyado; 14) Eliminación de tallos florecidos en el cultivo; 15) Aplicación de más de tres controles manuales de arvenses; 16) Ejecución de más de dos controles químicos de arvenses.
e. Administración	17) Tiene una programación de actividades en el cultivo; 18) Registro de labores realizadas en el cultivo; 19) Llevar un registro de los ingresos y gastos de la finca; 20) Asistencia técnica.
f. Organización	21) Hace parte de una asociación o cooperativa; 22) Comercializa la arracacha en compañía; 23) Asiste a capacitaciones sobre el cultivo.
g. Cosecha	24) Realiza recolección por la edad de la arracacha; 25) Empaca en sacos diferentes al de 62,5 Kg (Blanco y Amarillo).
h. Reproducción y Mejoramiento genético	26) Uso de variedades mejoradas validadas en la zona; 27) En la siembra de colinos usa plantas con porte medio, alta producción de nabos, hojas, colinos amarillos sin manchas y cepas en estado sano; 28) Descarte de colinos centrales para la siembra.

3.2 Índice de adopción de innovaciones o prácticas

En cuanto al INAI, se interpreta que con un INAI más alto ocurre una mayor adopción de innovaciones y viceversa. Es decir, un agricultor con un valor de INAI próximo a uno es considerado un agricultor más innovador que cuando este número es cercano a cero (Aguilar-Ávila et al., 2020). En ese sentido, de los 104 productores encuestados se tiene un promedio para el INAI (Figura 1) de 0,44

(44%), existiendo un rango de 0,65 (65%) entre el agricultor menos innovador (0,16 – 16%) y el más innovador (0,81 – 81%). Se puede observar que el 55% de productores se encuentran por debajo del promedio. Los productores más innovadores son el P04, P102, P03 y P02, con un índice de 81%, 75%, 74% y 73%, los cuales presentaron más innovaciones adoptadas dentro del grupo total (Figura 1). En contraste, los productores P60, P22 y P37 registraron los valores de INAI más bajos con 16%, 17% y 18%, respectivamente.

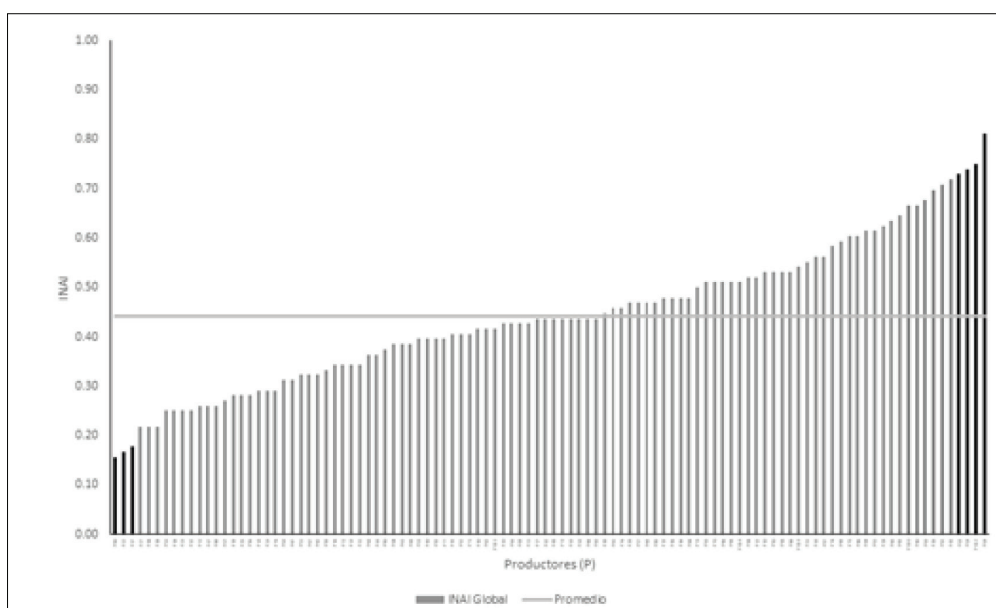


Figura 1. Índice de Adopción de Innovaciones (INAI), de los productores de arracacha en Cajamarca, Colombia.

Varios estudios sugieren que el bajo INAI de los productores puede deberse a una falta de acompañamiento en métodos de extensión rural (Apan-Salcedo et al., 2022; Ramírez-Gómez & Cuevas, 2023), asistencia técnica y participación en procesos para adquirir nuevos conocimientos y prácticas para el sector agropecuario (Flores-González et al., 2019). La baja adopción también puede deberse a la falta de comprensión de los profesionales y técnicos de las empresas e instituciones con los agricultores (Apan-Salcedo et al., 2022).

Los resultados muestran una significativa brecha tecnológica en la implementación de innovaciones en la producción de arracacha. Esto indica que hay grupos de agricultores que adoptan innovaciones de manera más eficaz que otros en la misma zona. Esto, a su vez, evidencia que estos agricultores innovadores forman parte de la misma comunidad, lo que resalta la importancia de fortalecer la colaboración interna en los territorios. El trabajo colaborativo, basado en un entendimiento directo de la situación actual de los

productores, ha demostrado generar efectos positivos en las fases de adopción (de Roo et al., 2023). Con el fin de enfrentar de manera más eficaz los desafíos y requerimientos de los agricultores, se recomienda obtener un conocimiento más preciso de los mismos (Shekmohammed et al., 2023).

La categoría con más adopción fue reproducción y mejoramiento Genético (0,67), seguida de establecimiento y manejo de la plantación (0,63); mientras que las menos adoptadas fueron organización (0,26) y manejo sostenible de recursos (0,21), como se observa en la Figura 2.

Las 28 innovaciones o prácticas de la clasificación propuesta en la tabla 2 están agrupadas en ocho categorías.

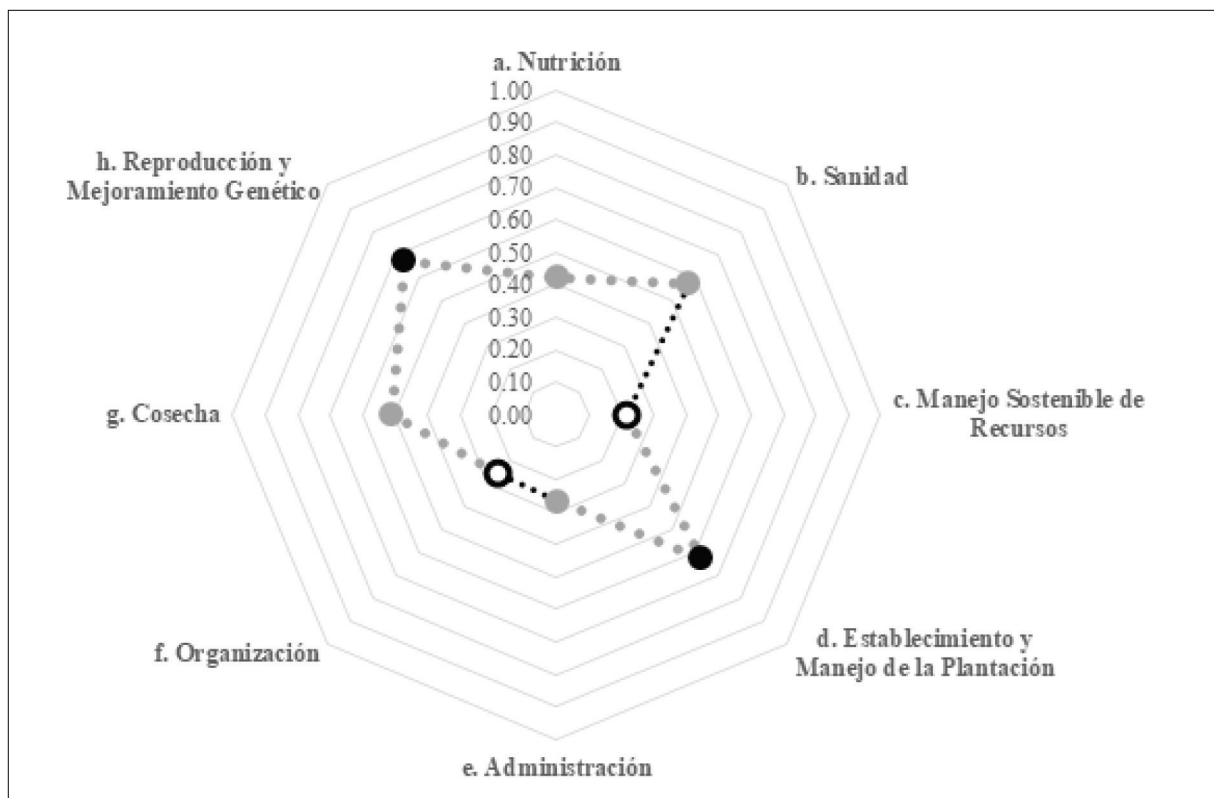


Figura 2. Adopción de innovaciones o prácticas por categoría de los productores de Cajamarca, Colombia.

Se evidencia el impacto en categorías como el establecimiento y manejo de la plantación, así como el desarrollo de nuevos materiales de arracacha, los cuales se han entregado a los productores. Esto gracias a los procesos de transferencia que ha adelantado AGRO-SAVIA en los últimos 5 años en Cajamarca (Garnica-Montaña et al., 2021a), donde se han aplicado nuevos enfoques de escuelas

de campo (Navarro-Niño et al., 2022). Otro aspecto por destacar es que se deben fortalecer proyectos a nivel local en las categorías de organización y administración de la finca, para poder mejorar los procesos internos de los productores.

La categoría de organización es un componente que actúa como un impulsor que

motiva a las personas a generar nuevas ideas, en la que aceptan o rechazan la adopción de tecnologías o prácticas, determinando la habilidad de una empresa o persona a adaptarse (Rodthong et al., 2023). Los agricultores organizados participan con más regularidad en programas de capacitación sobre diversos temas, relacionados con el manejo agronómico en la producción y buenas prácticas agrícolas, entre otros (Rizzo et al., 2023). En futuros estudios se debería investigar sobre el efecto de otras instituciones en las categorías analizadas, ya que los productores pueden aprender de diferentes actores, como los gubernamentales, empresas de insumos, organizaciones, grupos corporativos y asociaciones de agricultores, constituyendo un sistema o modelo de innovación para el sector rural (Ramírez-Gómez & Cuevas, 2023).

3.3 Tasa de adopción de innovaciones o prácticas

Generalmente, una innovación con un valor alto de TAI tiende a ser adoptada por un mayor número de personas (Zarazúa et al., 2009). Por ello, se estimó la tasa de adopción y se encontró que de las 28 innovaciones de nuestra clasificación (Tabla 3), se observó una tasa de adopción promedio del 45,88%. Once innovaciones superaron esta media en adopción, mientras que doce quedaron por debajo, lo que indica que aún no habían sido adoptadas por los productores. Esto representa una oportunidad para desarrollar una estrategia que contemple los elementos para la gestión de innovación.

Tabla 3. Tasa de Adopción de Innovaciones o prácticas (TAI), entre los productores de arracacha en Cajamarca, Colombia.

Nombre de la innovación	Innovación	TAI
a*. 01 Uso de análisis de suelo para determinar la dosis de fertilización	a. 01	9,62
f. 22 Comercializa la arracacha en compañía	f. 22	9,62
c. 08 Manejo biológico de plagas y enfermedades	c. 08	15,38
g. 25 Empaca en sacos diferentes al de 62.5 Kg (Blanco y Amarillo)	g. 25	17,31
c. 09 Producción y/o utilización de fertilizantes orgánicos	c. 09	22,12
e. 18 Registro labores realizadas en el cultivo (fecha, insumos, práctica);	e. 18	25,96
e. 19 Llevar un registro de los ingresos y gastos de la finca	e. 19	25,96
c. 10 Aplicación de riego	c. 10	26,92
e. 17 Tiene una programación de actividades en el cultivo	e. 17	26,92
f. 21 Hace parte de una asociación o cooperativa	f. 21	26,92
e. 20 Asistencia técnica	e. 20	27,88
d. 14 Eliminación de tallos florecidos en el cultivo	d. 14	30,77
b. 05 Eliminación de plantas diferentes	b. 05	32,69
a. 03 Encalado o usa enmiendas	a. 03	33,65
h. 28 Descarte de colinos centrales para la siembra	h. 28	36,54
f. 23 Asiste a capacitaciones sobre el cultivo	f. 23	40,38

d. 11 Establece la Plantación con base en características del lote	d. 11	46,15
b. 04 Monitoreo sobre plagas y enfermedades para aplicar plaguicidas	b. 04	49,04
d. 12 Tiene en cuenta la altitud para la siembra	d. 12	55,77
b. 06 Selección de colinos de calidad sin lesiones oscuras	b. 06	70,19
d. 15 Realiza más de tres controles manuales de arvenses	d. 15	71,15
h. 27 En la siembra de colinos usa plantas con porte medio, alta producción de nabos, hojas, colinos amarillos sin manchas y cepas en estado sano	h. 27	73,08
d. 16 Ejecución de más de dos controles químicos de arvenses	d. 16	75,96
b. 07 Desinfección los colinos para la siembra	b. 07	76,92
a. 02 Aplicar fertilizantes al suelo con más de dos aplicaciones enterrado o inyectada	a. 02	83,65
g. 24 Realiza recolección por la edad de la arracacha	g. 24	84,62
h. 26 Uso de variedades mejoradas validadas en la zona	h. 26	90,38
d. 13 Ahoyado	d. 13	99,04

* Las letras que acompañan al nombre de la innovación, hace referencia al tipo de categoría al que pertenece de acuerdo con la clasificación de la Tabla 2 en a) Nutrición, b) Sanidad, c) Manejo sostenible de recursos, d) Establecimiento y manejo de la plantación, e) Administración, f) Organización, g) Cosecha y h) Mejoramiento genético.

En la Tabla 3 se observa que existe una tendencia en la TAI a prácticas encaminadas a incrementar la parte productiva, observando menos innovaciones en temas de mercado, como la venta en conjunto de arracacha a mercados especializados, que pueden generar una rentabilidad mayor. Lo anterior se refuerza con la reducida tasa de adopción en las categorías de organización y administración, lo cual puede deberse a que los agricultores interactúan más con técnicos centrados en aspectos productivos que con individuos que imparten conocimientos de gestión (Ramírez-Álvarez et al., 2022).

Los resultados muestran que innovaciones como el ahoyado tiene mayor adopción con un 99,04%, seguido del uso de variedades mejoradas, cosecha por la edad del cultivo, aplicación de fertilizantes y desinfección de colinos. Estas son las prácticas relacionadas con la producción más usadas por los productores. Por el contrario, las dos innovaciones, uso de análisis de suelos y la

venta de arracacha en conjunto, presentaron la menor adopción con un 9,62% cada una. Como argumenta Rizzo et al. (2023), se ha observado que la complejidad de una innovación, una resistencia marcada hacia la misma y una percepción limitada de control sobre dicha innovación, constituyen obstáculos significativos para su adopción. Estos factores generan inseguridad entre quienes están considerando su implementación. Por lo tanto, se sugiere realizar un estudio detallado con el fin de comprender a fondo las razones detrás de la falta de adopción de ciertas innovaciones o prácticas por parte de los agricultores de arracacha.

Se encontró que prácticas como: i) Aplicación de análisis de suelo para determinar la dosis de fertilización (9,62%), ii) uso de riego (26,92%), iii) la eliminación de tallos florecidos en el cultivo (30,77%), iv) eliminación de plantas atípicas (32,69%), v) descarte de colinos centrales para la siembra (36,54%), vi) monitoreo sobre plagas y enfermedades para

aplicar plaguicidas (49,04 %); vii) selección de colinos de calidad sin lesiones oscuras (70,19%); viii) en la selección de colinos para la siembra usa plantas con porte medio, alta producción de nabos, hojas, colinos amarillos sin manchas y cepas en estado sano (73,08%) y ix) desinfección de los colinos para la siembra (76,92%), forman parte de la Oferta Tecnológica (OT), de AGROSAVIA para el manejo de la producción de semilla de calidad fitosanitaria en arracacha (Atencio-Solano et al., 2019; Garnica-Montaña et al., 2021a).

En las prácticas anteriores se obtuvo un promedio de adopción de un 45%, teniendo una brecha de adopción de esta OT de un 54. Estos resultados son coherentes con investigaciones que sugieren mantener un registro de la evaluación del impacto de los conocimientos o tecnologías generadas en los procesos de investigación y de transferencia de tecnología, con el fin de conocer de primera mano si los conocimientos y tecnologías desarrollados son finalmente apropiados por los productores (Shekmo-hammed et al., 2023). En este sentido, se sugiere fortalecer procesos de transferencia de innovaciones o conocimiento y extensión rural en las prácticas que presentan más bajos índices y colaborar en la mejora de las prácticas asociadas a esta tecnología, para promover un desarrollo y producción óptima en la agricultura (Ramírez-Ruíz et al., 2022).

Respecto al uso de nuevos materiales de arracacha, la innovación sobre uso de variedades mejoradas válidas para la zona tiene un 90,38% de adopción. Esto concuerda con los resultados de investigaciones sobre la adopción tecnológica realizados por AGROSAVIA, los cuales indican que en el municipio de Cajamarca se ha observado un aumento gradual en la adopción de la primera variedad de arracacha desarrollada

por AGROSAVIA, conocida como Agrosavia la 22 (Garnica-Montaña et al., 2021a), teniendo para el año 2021 un área de siembra de 1500 ha adoptadas (AGROSAVIA, 2022) y en el año 2022, un área sembrada de 2000 ha, equivalente a un aumento del 25% (AGROSAVIA, 2023). Lo anterior es coherente con diferentes estudios, lo cual plantea la posibilidad de que el aumento en el índice de adopción esté relacionado con un incremento en la inversión económica en las técnicas aplicadas (Sánchez-Sánchez et al., 2020). En el contexto de esta investigación es la variedad de arracacha de AGROSAVIA, que ha sido adoptada exitosamente a nivel local.

En vista de lo anterior, se recomienda establecer una comunicación directa con los agricultores a fin de comprender su situación. Esta interacción resulta fundamental cuando nos referimos a desarrollar conocimientos y tecnologías que se adapten a sus necesidades y, potencialmente, incrementen sus ingresos. Es evidente la necesidad de simplificar las tareas para los productores, y este proceso de mejora puede lograrse mediante interacciones y visitas finca a finca (Tarantini & Landini, 2023).

3.4 Análisis de correspondencias múltiples

El Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), arrojó ocho dimensiones óptimas que reunieron el 72% de la variabilidad acumulada. Los componentes 1 y 2 recogieron el 29,2% y 10,3%, respectivamente. Para el mapa de factores, se seleccionaron las categorías que tenían un coseno cuadrado (correlación de la categoría a la dimensión) mayor a 0.2 (figura 3a). En la figura 3b se representa el mapa de factores de individuos con la escala de color, de acuerdo con el coseno cuadrado.

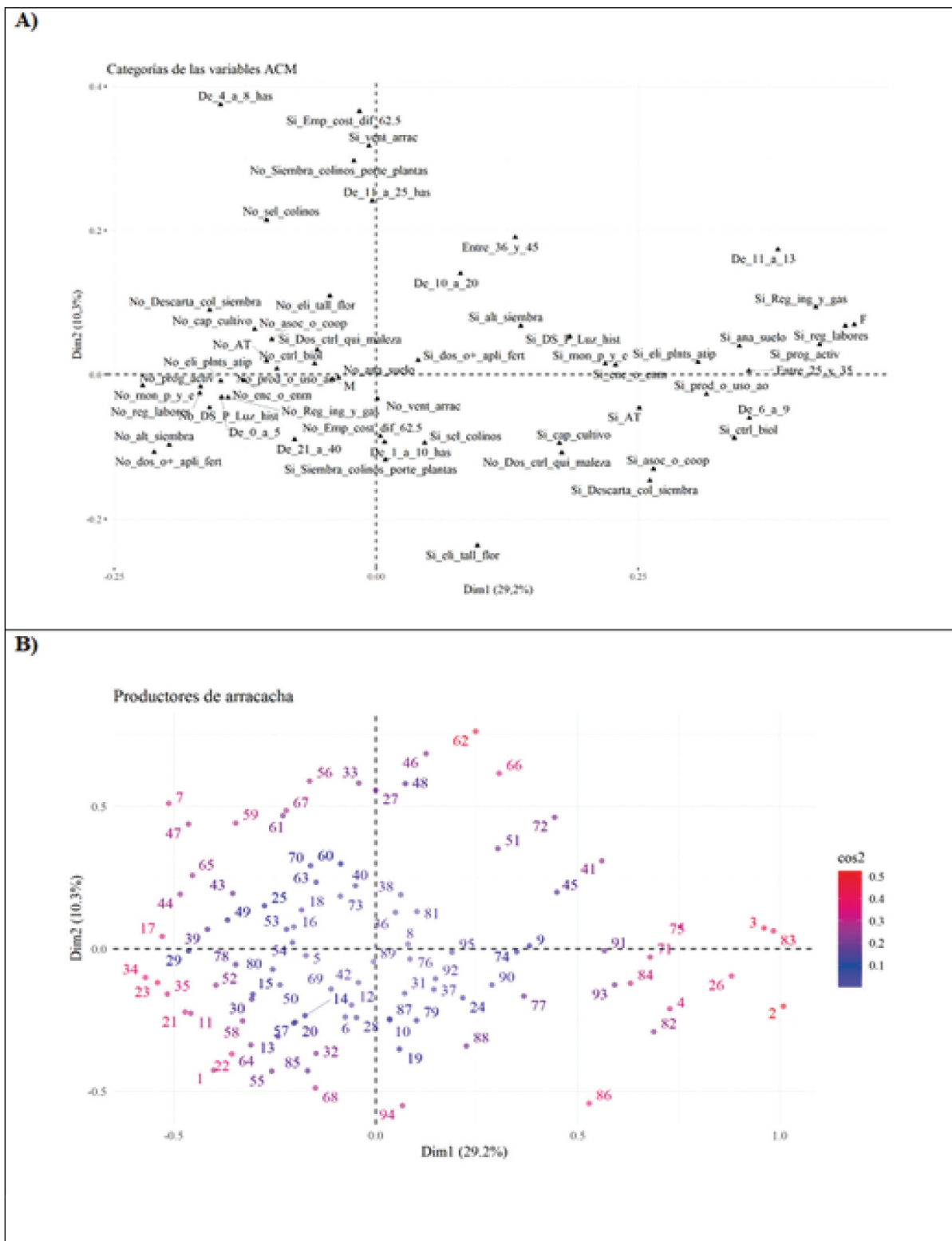


Figura 3. Análisis de correspondencias múltiples. A) Mapa de factores con categorías con coseno cuadrado > 0,2. B) Mapa de factores de individuos.

El componente uno fue caracterizado por las variables: Registro de labores ($R^2= 0,51$, $p<0,01$), Programación de actividades ($R^2= 0,48$, $p<0,01$), Registro de ingresos y gastos ($R^2= 0,41$, $p<0,01$), Escolaridad ($R^2= 0,38$, $p<0,01$), Monitoreo de plagas y enfermedades ($R^2= 0,33$, $p<0,01$), Eliminación de plantas atípicas ($R^2= 0,51$, $p<0,01$), Descarta colinos en la siembra ($R^2= 0,28$, $p<0,01$), Producción o uso de abonos orgánicos ($R^2= 0,20$, $p<0,01$), plantación con base en densidad de siembra, pendiente, luz, historial del lote ($R^2= 0,20$, $p<0,01$) y encalado o enmiendas ($R^2= 0,20$, $p<0,01$) principalmente.

Las coordenadas de las siguientes categorías son positivas: "Sí registro de labores", "Sí programación de actividades", "Sí registro de ingresos y gastos", "Sí monitoreo de plagas y enfermedades", "Sí eliminación de plantas atípicas", "Sí descarte de colinos para la siembra", "Sí producción o uso de abonos orgánicos", "Escolaridad de 11 a 13 años", "Sí plantación con base en densidad de siembra, pendiente, luz, historial del lote", "Sí encalado o enmiendas", "Sí asociación o cooperativa", "Sí asistencia técnica", "Sí capacitación cultivo", "Sí control biológico" y "Sexo femenino". Lo anterior explica que este grupo de productores tienen organización dentro de sus fincas, llevan a cabo un manejo integrado de plagas y enfermedades en algunos casos con control biológico, aplicación de abonos orgánicos, enmiendas y encalado. De otro modo, tienen un alto grado de escolaridad y generalmente son mujeres que tienen en cuenta aspectos como la densidad de siembra, pendiente, luz e historial del lote y están asociados o pertenecen a una cooperativa.

En el primer componente, las siguientes coordenadas son negativas: "No registro de labores", "No programación de actividades", "No registro de ingresos y gastos", "Escolaridad de

0 a 5 años", "No manejo de plagas y enfermedades", "No eliminación de plantas atípicas", "No descarta colinos para la siembra", "No produce o usa abonos orgánicos", "No tiene en cuenta densidad de siembra, pendiente, luz e historial del lote", "No encalados o enmiendas", "No asociación o cooperativa", "No asistencia técnica", "No capacitación de cultivo", "No control biológico", "Sexo masculino", "No análisis de suelos". En el otro extremo de este primer componente, se observa un grupo de productores opuesto al anterior, con fincas que no poseen una organización clara, no programan labores ni implementan manejo de plagas y enfermedades, no usan abonos orgánicos, encalado ni enmiendas ni análisis de suelos. Además, particularmente son personas del sexo masculino y con un nivel de escolaridad de 0 a 5 años.

El componente dos se explicó por las siguientes variables: "Para la siembra de colinos usa plantas con porte medio, buena producción de nabos, hojas, colinos amarillos sin manchas y cepas en estado sano", "Empaca en costales diferentes a 62,5Kg", "Elimina tallos florecidos", "Selección de colinos", "Área total de la finca", "Descarta colinos para la siembra", "Ventas de arracacha", "Años de experiencia en el cultivo", "Área sembrada en AGROSAVIA La 22" y "Edad".

En el componente dos, Las siguientes categorías fueron positivas: "No siembra de colinos con plantas de porte medio, buena producción de nabos, hojas, colinos amarillos sin manchas y cepas en estado sano", "Sí empaque en costales diferentes a 62,5Kg", "No eliminación de tallos florecidos", "No selección de colinos", "Área total de la finca entre 11 a 25 Ha", "No descarta colinos para la siembra", "Área de AGROSAVIA La 22 de 4 a 8 Ha", "Sí venta de arracacha", "Edad entre 36 y 45", "Años de experiencia entre 10 a 20". Este

grupo de productores se caracterizó por la venta de arracacha y por no aplicar prácticas de selección de colinos, ni eliminación de tallos florecidos, pero con un empaque en costales diferentes a 62,5 Kg. Su edad está entre 36 y 45, con 10 a 20 años de experiencia y el área total de la finca de 11 a 25 Ha. Estos productores son menos innovadores y se inclinan por comercializar su producto sin implementar prácticas.

Las coordenadas negativas del componente dos, son: "Sí siembra de colinos con plantas de porte medio, buena producción de nabos, hojas, colinos amarillos sin manchas y cepas en estado sano", "No empaque en costales diferentes a 62,5 Kg", "Sí eliminación de tallos florecidos", "Sí selección de colinos", "Área total de la finca de 1 a 10 hectáreas", "Sí descarta colinos para la siembra", "No vende arracacha", "De 21 a 40 años de experiencia", "Edad entre 46 y 55", "Sí capacitación en el cultivo". Estos productores son más pequeños en área, con más años de experiencia, pero adoptan diferentes prácticas como siembra de colinos con plantas de porte medio, eliminación de tallos florecidos, selección de colinos, descarte de colinos, entre otros.

El análisis de la adopción de prácticas innovadoras en el cultivo de arracacha mediante estadística multivariante permitió la selección de variables de importancia que definen a los productores con mayor o menor grado de innovación. En este caso, con ocho dimensiones se reunió el 72% de la variabilidad, porcentaje superior a Gaitán y Ríos (2020), que en una tipología socioeconómica de aguacate con 16 componentes explicaron el 70%.

En los resultados de la caracterización de productores de arracacha en el componente

I, se destacan principalmente las variables relacionadas con el nivel educativo, asistencia técnica, la organización y prácticas innovadoras de manejo de cultivo. Otros estudios concuerdan con que la escolaridad y las prácticas de planeación de actividades y registro, son características que influyen en las preferencias por llevar a cabo una adopción por parte de los productores (Valverde et al., 2021; Zhu y Chen, 2022). Las prácticas de organización, tales como el registro de labores, planeación de actividades y registro de ingresos y gastos, igualmente se han relacionado en productores con altos niveles de innovación gracias a su fácil acceso al conocimiento e información (Vásquez et al., 2022). Asimismo, la presencia de asistencia técnica ha sido un factor de importancia en este grupo y se ha correlacionado con el nivel educativo, destacándose como influyente en el nivel de adopción de innovaciones (Tudela-Mamani et al., 2021; Zhang & Hong, 2021).

Por otro lado, prácticas como el monitoreo y manejo integrado de plagas y enfermedades han sido relevantes en productores que manejan agricultura ecológica. En este sentido, Mesa-Manzano y Esparcía-Pérez (2021), han reportado niveles de implementación de manejo integrado del 42%. La práctica innovadora del uso de análisis de suelo permite a los productores diseñar programas de fertilización que disminuyan los costos de producción, la degradación del suelo y mejoren la calidad de las raíces tuberosas (Villamil et al., 2023).

En el componente II se destacó el área de arracacha de AGROSAVIA La 22 entre 4 a 8 hectáreas, prácticas innovadoras en la selección de colinos, venta de arracacha, edad y años de experiencia en el cultivo. Esto concuerda con que generalmente el cultivo de

arracacha se ha caracterizado por pequeños y medianos agricultores, en particular de tipo familiar, debido a la necesidad significativa de mano de obra, especialmente en las etapas de preparación, siembra y cosecha. Su cultivo adquiere gran relevancia socioeconómica en las áreas de producción, siendo frecuente su valorización en el mercado (Morillo et al., 2020).

En cuanto a los métodos de producción de colinos, se destacaron dos grupos: uno de producción de colinos de forma tradicional y otro en producción de colinos de calidad. Este último se incluye como un modelo con práctica innovadora en tres fases: i) identificación y selección del lote y la semilla, ii) manejo agronómico del cultivo y iii) obtención del producto (Atencio-Solano et al., 2019).

4. Conclusiones

El presente estudio permitió identificar las innovaciones o prácticas que más adoptan los productores de arracacha de Cajamarca, Tolima, vinculadas con el establecimiento y manejo de la plantación: reproducción y mejoramiento genético. Por el contrario, las que menos se adoptan se vinculan con aspectos organizativos, administrativos y manejo sostenible de recursos, lo cual muestra una tendencia hacia la adopción de prácticas que aumenten la productividad del cultivo, sin tener en cuenta aspectos importantes, como la ausencia de asistencia técnica y servicios de extensión rural. Tampoco se tienen en cuenta el fortalecimiento de procesos de asociatividad, transformación de la arracacha en subproductos con un valor agregado y la intervención activa de los agricultores en procesos de aprendizaje, como lo son capacitaciones.

En la caracterización realizada, se determinó que existe un grupo de productores con prácticas de organización y administración en el cultivo, contrario a otro grupo que no es organizado y no lleva a cabo procesos administrativos. Adicionalmente, hay un grupo que produce arracacha para la venta, pero sin implementar alguna práctica para producir colinos de calidad y otro grupo que implementa estas prácticas, pero tienen más experiencia en cultivo y poseen una menor área total en sus fincas. Se sugiere la implementación de enfoques participativos, como las escuelas de campo para agricultores, donde se lideren procesos de diálogo de saberes con los productores, con altos índices de adopción de innovaciones o prácticas y se puedan generar métodos de intercambio de conocimientos para la producción de esta raíz tuberosa en el municipio.

Contribución de los autores

Diego Alberto Navarro-Niño: conceptualización, investigación, metodología, validación, redacción – borrador original.

Camilo Ignacio Jaramillo-Barrios: curación de datos, análisis formal, metodología, software, visualización, redacción – revisión y edición.

Implicaciones éticas

No existen implicaciones éticas por declarar en la escritura o publicación de este artículo.

Financiación

Artículo derivado del proyecto de investigación: "Balance Social Corporativo 2022" de

AGROSAVIA”, Financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR).

Conflictos de interés

No existen conflictos de interés de parte de los autores en la escritura o publicación de este artículo.

5. Referencias

- Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, H., Aguilar-Ávila, J., & Klerkx, L. (2015). Information networks that generate economic value: A study on clusters of adopters of new or improved technologies and practices among oil palm growers in Mexico. *Agricultural Systems*, 135, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.01.003>
- Aguilar-Ávila, J., Martínez-González, E., Aguilar-Gallegos, N., & Cárdenas, J. R. (2020). Análisis de procesos de innovación en el sector agroalimentario y rural. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/3ae2c974-05e0-4bae-840e-8640b4d1f626>
- Alhuzali, T., Beh, E. J., & Stojanovski, E. (2022). Multiple correspondence analysis as a tool for examining Nobel Prize data from 1901 to 2018. *Plos One*, 17 (4), e0265929.
- Ávalos-Gutiérrez, C., Yépes-García, E., Aguilar-Avila, J., & Rendón-Medel, R. (2014). Modelo de negocio en la red de valor, mango ataulfo de exportación. *Textual*, 64, 67–86.
- Apan-Salcedo, W., Nahed-Toral, J., Pérez-Luna, E., Piñeiro-Vázquez, A., & Jiménez-Ferrer, G. (2022). Level of adoption of silvopastoral techniques in The sierra madre de Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25 (2). <https://doi.org/10.56369/tsaes.4001>
- Atencio-Solano, L. M., Garnica-Montaña, J. P., Vargas-Berdugo, A. M., Villamil-Carvajal, J. E., & Cañar-Serna, D. Y. (2019). Manual técnico para la producción de colinos de arracacha bajo condiciones agroecológicas del municipio de Cajamarca, Tolima. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual-19>
- Ballesteros, W., Navia, J. F., & Solarte, J. G. (2021). Socio-economic characterization of the traditional cacao agroforestry system (Theobroma cacao L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38 (2), 17–35. <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.156>
- Corporación colombiana de investigación agropecuaria, AGROSAVIA. (2022). Balance social 2021 (p. 100). Agrosavia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/37053>
- Corporación colombiana de investigación agropecuaria, AGROSAVIA. (2023). Balance social 2022, 92. *Agrosavia*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/38187>
- De Roo, N., Amede, T., Elias, E., Almekinders, C., & Leeuwis, C. (2023). Diffusion of agricultural knowledge in Southern Ethiopia: finding the real opinion leaders through network analysis. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 29 (1), 99–115. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2021.1987282>
- Doughman, R. (2020). Agricultura en el cañón de Anaime: una historia ambiental de la despensa agrícola del centro de Colombia. *Indagare*, 8. <https://doi.org/10.35707/indagare/812>
- Duque, H. (2018). La adopción de tecnologías agrícolas: Bases para su comprensión. *Cenicafé*. <http://hdl.handle.net/10778/4245>
- Escobar, N., Romero, N. J., & Jaramillo, C. I. (2019). Typology of small producers in transition to agroecological production. *Agronomy Research*, 17 (6). <https://doi.org/10.15159/AR.19.221>
- Flores-González, A., Jiménez-Ferrer, G., Castillo-Santiago, M., De Oña, C. R., & Covalada, S.

- (2019). Good livestock practices: Adoption of technologies in the rio perlas gorge, Ocosingo, Chiapas Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22 (1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v22i1.2670>
- Gaitan, S. B., & Ríos, M. D. (2020). Socio-economic and technological typology of avocado cv. Hass farms from Antioquia (Colombia). *Ciênciã Rural*, 50, e20190188. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190188>
- Garnica-Montaña, J. P., Atencio-Solano, L. M., Rodríguez-Rodríguez, O. J., & Villamil-Carvajal, J. E. (2021a). Agrosavia La 22: primera variedad de arracacha en Colombia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12 (2), 355–363. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2591>
- Garnica-Montaña, J. P., Villamil-Carvajal, J. E., Vargas-Berdugo, Á. M., Rodríguez-Rodríguez, O. J., & Atencio-Solano, L. M. (2021b). Modelo productivo de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.): Agrosavia la 22 para la región andina de Colombia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404500>
- Greenacre, M., & Blasius, J. (2006). Multiple correspondence analysis and related methods. Chapman and Hall/CRC.
- Landini, F., & Conti, S. (2023). Factors contributing to rural extension agents' support for a transfer of technology (ToT) approach: a multiple linear regression analysis. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 29 (5), 605–625. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2022.2120027>
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodríguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., Sørensen, M., & Jacobsen, S.-E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>
- Londoño, J. E., & Lugo, L. J. (2020). El paisaje arracachero en los entramados del poder colonial en el municipio de Cajamarca, Tolima. *Luna Azul*, 50, 107–131. <https://doi.org/10.17151/luaz.2020.50.6>
- Luziatelli, G., Alandia, G., Rodríguez, J. P., Manrique, I., Jacobsen, S.-E., & Sørensen, M. (2023). Ethnobotany of Andean root crops: tradition and innovation—Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.), Yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.), Mauka (*Mirabilis expansa* (Ruíz & Pav.) Standl.), Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* Parodi), Maca *Lepidium meye*. *Varieties and Landraces*, 101–134. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90057-7.00013-9>
- Mesa-Manzano, R., & Esparcia-Pérez, J. (2021). Difusión de innovaciones en la agricultura ecológica y análisis de redes sociales: un ensayo de aplicación. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 41(1). <https://dx.doi.org/10.5209/aguc.76727>
- Morillo, E., Madeira, N., & Jaimez, R. (2020). Arracacha. *Carrots and related Apiaceae crops*, 245–253. Wallingford UK: CABI.
- Navarro-Niño, D. A., Villamil-Carvajal, J. E., Garnica-Montaña, J. P., & Jaramillo-Barrios, C. I. (2022). Evaluación de un enfoque modificado de escuelas de campo en la apropiación de conocimientos en agricultores de arracacha. *Ciencia y Agricultura*, 19 (3). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14721>
- Ramírez-Gómez, C. J., & Cuevas-Reyes, V. (2023). Redes de información y sistemas de innovación agrícolas: hacia un nuevo enfoque de la extensión rural local. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 23 (1), 157–178. <https://doi.org/10.7201/earn.2023.01.06>
- Ramírez-Álvarez, M., Santoyo-Cortés, V. H., Rendón-Medel, R., & Jiménez-Carrasco, J. S. (2022). Factores del diseño e implementación asociados al desempeño de un programa de extensión en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13 (2), 235–246. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2722>

- Ramírez-Gómez, C. J., Espinosa, H. R., & Betancur, F. R. (2023). Farmer, learning and teaching: a cluster analysis of technology adopters in avocado farming in Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26 (1). <https://doi.org/10.56369/tsaes.4434>
- Ramírez-Ruiz, L., Alvarado-Raya, H. E., Santoyo-Cortés, V. H., Olivares-Gutiérrez, R., Estrada-Chavira, M. E., & Escamilla-García, P. E. (2022). Dinámica de la innovación en la producción de jitomate bajo invernadero en Amacuitlapilco, Jonacatepec, Morelos. *Revista de Geografía Agrícola*, 68, 000–000. <https://doi.org/10.5154/rga.2022.68.04>
- R, Core Team. (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rizzo, G., Migliore, G., Schifani, G., & Vecchio, R. (2023). Key factors influencing farmers' adoption of sustainable innovations: a systematic literature review and research agenda. *Organic Agriculture*, 1-28. <https://doi.org/10.1007/s13165-023-00440-7>
- Rodthong, W., Kuwornu, J. K. M., Datta, A., Anal, A. K., & Tsusaka, T. W. (2023). Farmers' perceptions and likelihood of adoption of the roundtable on sustainable palm oil practices in Thailand. *Environmental Development*, 47, 100883. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100883>
- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and Technological Potential of Underutilized Ancestral Andean Crop Flours from Ecuador. *Agronomy*, 11 (9), 1693. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091693>
- Sánchez-Sánchez, A., Santoyo-Cortés, V.-H., De La Vega-Mena, M., Muñoz-Rodríguez, M., & Martínez-González, E.-G. (2020). Adopción de innovaciones y factores asociados en empresas familiares agropecuarias y agroindustriales de México. *Estudios Gerenciales*, 43–55. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2020.154.3424>
- Sánchez-Toledano, B. I., Zegbe-Domínguez, J. A., & Rumayor-Rodríguez, A. F. (2018). Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (6), 855–868. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1154>
- Shekmohammed, S., Hany, U., & Lemma, S. (2023). Review of Farmers Field School Approach for Facilitation of Climate Smart Agriculture. *International Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 9–17. <https://doi.org/10.34104/ijavs.023.09017>
- Sotomayor, O., Rodríguez, A., & Rodrigues, M. (2011). Competitividad, sostenibilidad e inclusión social en la agricultura: Nuevas direcciones en el diseño de políticas en América Latina y el Caribe. Cepal.
- Tarantini, E. S., & Landini, F. P. (2023). rol del investigador agropecuario en el marco de procesos de innovación agropecuaria: tensión entre prácticas reales e ideales. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 20. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr20.eria>
- Tudela-Mamani, J. W., Málaga-Luna, M., & Aliaga-Melo, G. (2021). Análisis de la adopción de innovaciones agrícolas en productores de quinua de Cabana, Puno (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23 (2), 93-102. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.242>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA. (2022). Evaluaciones agropecuarias municipales (EVA) base agrícola 2019 - 2021. *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. <https://www.upra.gov.co/web/guest/eva-2021>
- Valverde-Lucio, A., Gonzalez-Martínez, A., Alcivar-Cobena, J. L., & Rodero-Serrano, E. (2021). Characterization and typology of backyard small pig farms in Jipijapa, Ecuador. *Animals*, 11 (6), 1728. <https://doi.org/10.3390/ani11061728>

Vásquez-Pérez, H. V., Barrantes-Bravo, C. A., Vigo-Mestanza, C. N., & Maicelo-Quintana, J. L. (2022). Factores socioeconómicos que influyen en la adopción de tecnologías para mejoramiento genético de ganado vacuno en Perú. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. <https://10.22231/asyd.v19i3.1358>

Villamil-Carvajal, J. E., Garnica-Montaña, J. P., Pinzón-Sandoval, E. H., Almanza-Merchán, P. J., & Atencio-Solano, L. M. (2023). Macronutrient omission influences morphological parameters, growth, and yield in *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. *Heliyon*, 9 (2), e13062. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13062>

Zarazúa, J. A., Solleiro, J. L., Altamirano-Cárdenas, R., Castañón-Ibarra, R., & Rendón-Medel, R. (2009). Esquemas de innovación tecnológica y su transferencia en las agroempresas frutícolas del estado de Michoacán. *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, 17 (34), 37–71.

Zhu, Y., & Chen, J. (2022). Small-scale farmers' preference heterogeneity for green agriculture policy incentives identified by choice experiment. *Sustainability*, 14 (10), 5770.

Anexo 1. Instrumento utilizado (elaboración propia con base en Aguilar-Ávila et al., 2020).

1. Identificador de encuesta

Nombre:	
Municipio:	Vereda:

2. Atributos del entrevistado

Edad	Escolaridad:	Sexo	Años de experiencia en el cultivo	Usa crédito agropecuario	
				SI:	No:

3. Dinámica de la actividad productiva

3.1 Perfil y dinámica de la unidad de producción

Clon/Variiedad	Superficie en Ha	Rendimiento último año
a.	a.1.	a.2
b.	b.1.	b.2
c.	c.1.	c.2

3.2 Que superficie de terreno posee en total (Ha): _____

4. Dinámica de innovación (Catalogo de innovaciones en arracacha).

Señale, en su caso, si utiliza o no la innovación / práctica.

Categoría	Innovación	Utiliza la innovación o practica	
		SI	NO
a. Nutrición	<i>Uso de análisis de suelo para la determinación de dosis de fertilización</i>		
	<i>Aplicación de fertilizantes al suelo en dos o más aplicaciones enterrado o drench.</i>		
	<i>Realiza encalado o enmiendas</i>		
b. Sanidad	<i>Hace monitoreo de plagas y enfermedades para aplicar agroquímicos.</i>		
	<i>Efectúa eliminación de plantas atípicas (Diferentes a las demás)</i>		
	<i>Hace selección de colinos para la siembra</i>		
	<i>Realiza desinfección de colinos para la siembra</i>		
c. Manejo sostenible de recursos	<i>Efectúa control biológico de plagas y enfermedades</i>		
	<i>Producción y/o uso de abonos orgánicos</i>		
	<i>Aplica riego al cultivo</i>		
d. Establecimiento y manejo de la plantación	<i>Plantación con base en densidad de siembra, pendiente, luz, historial del lote.</i>		
	<i>Tiene en cuenta la altitud para la siembra de arracacha</i>		
	<i>Realiza ahoyado</i>		
	<i>Elimina tallos florecidos en la plantación</i>		
	<i>Realiza más de tres controles manuales de maleza</i>		
	<i>Realiza más de dos controles químicos de maleza</i>		
e. Administración	<i>Cuenta con una programación de actividades en el cultivo</i>		
	<i>Registra las labores efectuadas en el cultivo (fecha, insumos, práctica)</i>		
	<i>Registra los ingresos y gastos de la finca</i>		
	<i>Tiene asistencia técnica</i>		
f. Organización	<i>Pertenece a una asociación o cooperativa</i>		
	<i>Realiza ventas de arracacha en conjunto</i>		
	<i>Participación en capacitaciones sobre el cultivo</i>		
g. Cosecha	<i>Efectúa cosecha por la edad de la arracacha</i>		
	<i>Empaca en costales diferentes al de 62.5 Kg (Blanco y Amarillo)</i>		
h. Reproducción y Mejoramiento genético	<i>Uso de variedades mejoradas validadas en la zona</i>		
	<i>Para la siembra de colinos usa plantas con porte medio, buena producción de nabos, hojas, colinos amarillos sin manchas y cepas en estado sano.</i>		
	<i>Descarta los colinos centrales al momento de la siembra.</i>		