



Determinantes para el manejo de enfermedades en cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sur de Córdoba, Colombia

Determinants for Disease Management in Cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Córdoba, Colombia

Antonio María Martínez-Reina^{1,2},
Lilibet Tordecilla-Zumaqué¹,
Henry Andrés Ballesteros-Leal¹,
María del Valle Rodríguez-Pinto¹,
Liliana María Grandett-Martínez¹,
Abelardo Díaz-Cabadiaz¹



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v20.n2.2023.15834>

RESUMEN: la región sur de Córdoba desde hace cerca de dos décadas ha incluido el cultivo del cacao dentro de la oferta de productos agrícolas, motivada por la acción de entidades públicas y privadas del sector agropecuario. A pesar de que sus rendimientos están muy cerca del promedio nacional, en los últimos dos años han disminuido a causa de las enfermedades. Este trabajo tiene como objetivo identificar los factores que influyen en la decisión de utilizar tecnologías de manejo de enfermedades. Se aplicó una encuesta a 158 productores seleccionados por el método de muestreo aleatorio simple. Para el análisis se utilizó estadística descriptiva y la formulación de un modelo econométrico logit tipo McFadden de elección discreta. Los resultados muestran que el productor identifica la monilia (*Moniliophthora roreri*), la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) y la *Phytophthora* (*Phytophthora* sp.) como las principales enfermedades. Las técnicas más usadas son las prácticas de manejo cultural como la recolección manual de frutos afectados y en algunos casos el uso de fungicidas de síntesis química. Se concluye que el nivel tecnológico y la participación en proyectos son los factores que han influido positivamente en la decisión de usar técnicas de manejo de enfermedades; la escolaridad y los años como agricultor ralentizan la voluntad de aplicar técnicas de manejo de enfermedades.

PALABRAS CLAVE: adopción, control de plagas, rendimientos, rentabilidad.

ABSTRACT: the southern region of Córdoba has included the cultivation of cocoa within the offer of agricultural products for about two decades, motivated by the action of public and private entities in the agricultural sector. Although their yields are very close to the national average, they have decreased in the last two years due to diseases. This work aims to identify the factors that influence the decision to use disease management technologies. A survey was applied to 158 producers selected by the simple random sampling method. For the analysis, descriptive statistics and the formulation of a McFadden-type logit econometric model of discrete choice were used. The results show that the producer identifies to monilia (*Moniliophthora roreri*), witch's broom (*Moniliophthora perniciosa*) and *Phytophthora* (*Phytophthora* sp.) as the main diseases. The most used techniques are cultural management practices such as the manual harvesting of affected fruits and, in some cases, the use of chemically synthesized fungicides. It is concluded that the technological level and the participation in projects are the factors that have positively influenced the decision to use disease management techniques; schooling and years as a farmer slow down the willingness to apply disease management techniques.

KEYWORDS: adoption, pest control, yields, profitability.

FECHA DE RADICACIÓN: 31 de marzo de 2023 **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 23 de junio de 2023 **FECHA DE PUBLICACIÓN:** 30 de junio de 2023

1 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Turipaná, Cereté, Colombia.

ORCID: Martínez-Reina, A. M.: <https://orcid.org/0000-0002-9312-842X>;

ORCID: Tordecilla-Zumaqué, L.: <https://orcid.org/0000-0003-0263-6427>;

ORCID: Ballesteros-Leal, H. A.: <https://orcid.org/0009-0006-7153-9320>;

ORCID: Rodríguez-Pinto, M. V.: <https://orcid.org/0000-0002-4820-8287>;

ORCID: Grandett-Martínez, L. M.: <https://orcid.org/0000-0002-9755-2017>;

ORCID: Díaz-Cabadiaz, A.: <https://orcid.org/0000-0001-5670-3475>

2 Autor de correspondencia: amartinezr@agrosavia.co

INTRODUCCIÓN

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) ha formado parte de la agricultura desde la época prehispánica, pasando por etapas de crisis y recuperación, hasta el momento actual cuando ha tomado mucha importancia (Acuña, 2007). Dada su expansión y la estabilidad de los precios y los mercados, se ha constituido en una alternativa de producción en regiones de Colombia donde el conflicto armado ha hecho presencia, a tal punto que es denominado “el cultivo de la paz” o “cacao para la paz”, como lo han llamado en otras regiones (Ramírez et al., 2019), y también es considerado como alternativa de sustitución de cultivos ilícitos en regiones de posconflicto (Sierra, 2016; Cely, 2017).

El cultivo de cacao en Colombia, a pesar de no tener un nicho específico de productores, es ampliamente desarrollado por pequeños agricultores bajo el modelo de agricultura familiar (Acevedo-Osorio et al., 2018). La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) estima que son las familias las que participan en forma directa en el cultivo que les permite obtener ingresos para el sustento, y de su cultivo en el ámbito nacional, el 90 % del cacao lo producen unidades productivas pequeñas según el modelo de agricultura familiar (Flórez et al., 2018).

En Colombia, el cultivo del cacao presenta crecimiento tanto en las áreas como en la producción, es así como en el periodo 2015-2021 las áreas cultivadas en cacao aumentaron en un 17,8 %, la producción lo hizo en un 12,7 % y los rendimientos también mostraron un crecimiento del 6,9 % (Agronet, 2023). La situación del departamento de Córdoba no es diferente, si se tiene en cuenta que para el año 2021 la participación del área cultivada fue del 8,7 % con relación a las áreas cultivadas en el país, el 9,1 % de la producción nacional y los rendimientos promedio son menores en 20 kg con relación al promedio nacional, los cuales son de 440 kg ha⁻¹ (Fedecacao, 2022).

De acuerdo con lo señalado por Antolinez *et al.* (2020), algunas de las limitaciones del cultivo de cacao son las enfermedades causadas por *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp., que ocasionan daños en la producción que pueden alcanzar el 40 y 50 %, respectivamente. Por esto es prioritario conocer la respuesta del productor para afrontar el control de estas enfermedades.

Por otra parte, el método de elección discreta o de lección múltiple, el cual ha tomado mucha importancia desde la publicación del trabajo de McFadden (2000), nobel de economía, consiste en estudiar el comportamiento de las personas frente a una situación que implica elección o decisión de aceptar o rechazar algo; en este caso se trata de decidir si aplica un método de control o si decide no hacerlo.

En cuanto al empleo de este modelo en agricultura, en sus comienzos se aplicó para temas ambientales, servicios ecosistémicos, pero después tuvo un uso en muchos temas que tienen que ver con las decisiones.

Autores como Traxler & Byerlee (1993) —considerados pioneros en el uso de técnicas para evaluar impactos de tecnologías agrícolas en el programa de economía del Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), con la introducción del método de elección discreta para determinar la toma de decisiones de hacer cambios en las prácticas de los productores del Valle del Yaqui en México, especialmente relacionadas con el uso de insecticidas—, a través de un modelo probit concluyen en su trabajo que los programas de extensión han contribuido a disminuir las cantidades de insecticidas aplicados, gracias a la puesta en práctica de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Martínez et al. (2011), por su parte, aplicaron el modelo logit de elección discreta para definir los elementos que inhiben o facilitan la adopción de estándares en el subsector hortícola del noroeste de México, como el propuesto por McFadden. Asimismo, Cuevas-Reyes *et al.* (2020) analizaron, mediante un modelo de elección, los factores que determinan el uso de variedades de sorgo con polinización libre en el norte del estado de Sinaloa y obtuvieron como resultados una tasa de adopción de las variedades de sorgo de un 55 %.

Otros autores, como Ojonimi *et al.* (2012), en un estudio con una muestra de 125 productores examinaron, mediante un modelo econométrico con estimación por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), los determinantes de la rentabilidad y de los rendimientos del cultivo del cacao en el estado de Ondo en Gana y concluyeron que las variables que mejor explican la rentabilidad están relacionadas con el uso de la mano de obra, el capital, el material de siembra y el número de miembros en el hogar. Igualmente, Darkwah & Verter (2014), en un estudio sobre la producción de cacao en Ghana en el periodo comprendido entre 1990-2011, con el uso de la técnica de cointegración de Johansen y estimación por mínimos cuadrados ordinarios, coligen que hay una relación positiva entre la producción, el área cosechada y las exportaciones. Por otro lado, Sarkodie *et al.* (2017), en Gana, analizaron los determinantes de la producción de cacao mediante la estimación por el método de mínimos cuadrados con datos de encuestas aplicadas a 251 productores y dedujeron que las variables ingreso total y mano de obra contratada son las que mayor influencia tienen al momento de decidir en la producción de cacao.

Los análisis del estado actual de la producción de cacao, desde el punto de vista socioeconómico y tecnológico, se enmarcan en la actividad de la construcción de una línea base, la cual se considera el punto de partida de la investigación, que define el periodo cero de la tecnología y las posibilidades

de adelantar estudios de adopción e impacto, una vez las opciones tecnológicas hayan sido entregadas a los productores.

Desde el punto de vista técnico, en la región del sur de Córdoba (Colombia) los cultivos tienen como limitaciones de la producción la presencia de enfermedades como monilia (*Moniliophthora roreri*) y *Phytophthora* spp., que son las que identifican los productores. Es necesario identificar las razones del uso de las opciones tecnológicas de manejo de enfermedades por parte de los productores. Por tanto, este trabajo tiene como objetivo establecer los determinantes que hacen que el productor incorpore técnicas de manejo de las enfermedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue el sur del departamento de Córdoba (Colombia), en los municipios de Valencia, Tierralta, Montelíbano y Puerto Libertador, en las áreas de vocación agrícola, donde está establecido el cultivo de cacao desde hace unos 20 años, en proyectos de reconversión de la agricultura.

La investigación se obtuvo de un trabajo de campo donde se aplicaron encuestas a 158 agricultores de los municipios arriba mencionados. El tamaño de la muestra se determinó mediante el método de muestreo aleatorio simple (Rodríguez, 2001).

Para analizar los factores que explican las decisiones de emplear métodos de control de enfermedades en el sistema de producción de cacao en el departamento de Córdoba, se usó un modelo de elección discreta tipo (McFadden, 1973; Maddala, 1996), el cual se estimó mediante una regresión tipo logit por el método de máxima verosimilitud. En estos modelos se asume que se trata de elegir entre dos alternativas (Maddala, 1996); en este caso, el manejo de enfermedades se hace o no se hace, se identifican las enfermedades y no se identifican, y su manejo depende del nivel tecnológico (Pindyck & Rubinfeld, 2001).

El modelo logit permite determinar la actitud de los agricultores frente a los métodos de control de enfermedades y las razones que explican la toma de decisiones; es así como habrá elementos que inhiben y elementos que aligeran la decisión, pero que solo los agricultores pueden decidir, lo cual indica la probabilidad de éxito. Para esto, se identificaron como variables explicativas el nivel tecnológico, la escolaridad, la experiencia en el cultivo, la participación en programas y proyectos ofertados por parte de las entidades de fomento y agencias del Gobierno.

A través de una función con una curva logística se diseñó un modelo tipo logit con una variable dependiente y otras variables explicativas (Gujarati & Porter, 2004). Se utilizan variables binarias, las cuales, en forma general, toman dos valores (Manly et al., 2002).

Dicho de otra manera:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{con probabilidad } p \\ 0 & \text{con probabilidad } 1 - p \end{cases}$$

1= si existe manejo de enfermedades.

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } I_i > 0 \\ 0 & \text{si } I_i \leq 0 \end{cases}$$

0 = si no realiza alguna actividad que tenga como objetivo el control de enfermedades o simplemente no reconoce la presencia de enfermedades y por tanto no se manejan.

$$\begin{aligned} (y = 1) &= P(y > 0) = P(x_i' \beta + u_i > 0) = P(u_i > 0 - x_i' \beta) \\ &= P(u_i \leq x_i' \beta - 0) = F(x_i' \beta) \end{aligned} \quad (1)$$

La probabilidad de que $Y = 1$, decisión de manejar enfermedades por parte del productor está condicionado en X , es igual al valor esperado de X condicionado de Y , dado X .

$$E(Y \vee X = x) = Pr(Y = 1 \vee X = x) = p(x)$$

$$P_i = a + b X \quad (2)$$

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(a + \beta X_i)}} = \frac{P_i}{1 - P_i}$$

Seguendo a Manly *et al.* (2002), se formaliza la probabilidad de que el agricultor incorpore prácticas de manejo de enfermedades en el cacao.

La forma general del modelo aplicado al caso del manejo de enfermedades en cacao y a las razones que explican la decisión por parte del productor siguiendo a Manly *et al.* (2002), se propone a partir de la siguiente ecuación:

$$Me = \frac{P_i}{1 - P_i} \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_n X_n + e \quad (3)$$

Donde:

Me = manejo de enfermedades en cacao. X_1, X_2, X_3, X_4, X_n = nivel tecnológico, escolaridad, experiencia y beneficiado con proyecto.

Estas variables se seleccionaron después de aplicar técnicas como el análisis de correlación y medidas de tendencia central; por ejemplo, el coeficiente de variación.

Además, se tomó un gran número de variables y se hicieron diferentes estimaciones del modelo tratando de buscar la mayor robustez. De este modo, se precisó que variables independientes podrían explicar el manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao. Adicionalmente, se tuvieron

en cuenta las características de los estimadores, con varianza mínima, insesgados, con ausencia de autocorrelación.

Con la estimación de parámetros de las variables que componen el modelo se propone explicar los determinantes del manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao (Tabla 1).

TABLA 1. Variables que conforman el modelo para determinar el manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao en el sur de Córdoba, Colombia, 2023.

Variable dependiente	Definiciones
Me = 1	Si el agricultor reconoce y maneja las enfermedades. Cero (0), si no reconoce que el cacao presenta enfermedades.
Variables independientes	
NT = valor	Nivel tecnológico alto, medio o bajo. Escala de 1 a 3.
Escolaridad = valor	Nivel educativo en número, donde 0 representa ningún grado, 1 primaria, 2 secundaria, 3 técnico, 4 profesional.
Experiencia = valor	Años de experiencia en el cultivo del cacao. Años de experiencia por rangos.
Benpy = valor	Si ha sido beneficiado con un proyecto de cacao. 1 = Si, 0 = de otra forma.

Fuente: elaboración propia.

La ecuación de regresión para explicar la probabilidad y determinar el manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao en el sur de Córdoba, Colombia, 2023:

$$Me \frac{P_i}{1-P_i} ((\beta_0) + \beta_1) * NT + \beta_2 * \text{Escolaridad} + \beta_3 * \text{Experiencia} + \beta_4 * \text{Benpy} + e \quad (4)$$

Donde:

Me = aplica alguna técnica para el manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao.

β = valor de los parámetros producto de la estimación del modelo logit.

Nt = nivel tecnológico alto, medio y bajo, según criterio del investigador.

Escolaridad = último grado de educación alcanzado por el agricultor.

Experiencia = años de cultivar el cacao.

Benpy = beneficiado con algún proyecto de fomento.

e = término de perturbación.

Existirán tantos parámetros como variables que contenga el modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características socioeconómicas muestran que la población está integrada principalmente por hombres (76 %), en tanto que el 24 % de los encuestados son mujeres. La edad promedio de los agricultores es de 57 años y se encuentra en el rango de 22 a 85 años (Tabla 2).

TABLA 2. Resumen de algunas variables socioeconómicas de los productores cacaoteros de los municipios de Valencia, Tierralta, Montelíbano y Puerto Libertador, Córdoba, Colombia, 2023.

VARIABLES SOCIOECONÓMICAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Edad (Promedio años)	57	100
Genero		
Masculino	121	76,6
Femenino	37	23,4
Nivel Educativo		
Ninguno	34	21,5
Primaria	85	53,8
Secundaria	19	12
Técnico	14	8,9
Profesional	5	3,2
Posgrado	1	0,6
Experiencia cacao, años	2,5	13,9
Tenencia de la tierra		
Familiar	44	27,8%
Propia	111	70,3%
Arrendada	3	1,9%

Fuente: elaboración propia, a partir del trabajo de campo realizado por Agrosavia en 2023.

Se aprecia que es mayor la proporción de agricultores hombres, sin embargo, el porcentaje de mujeres es alto con relación a otros estudios (Martínez *et al.*, 2022). En cuanto al nivel educativo, se resalta el hecho de que más del 20 % de la muestra no ha tenido acceso a ningún nivel de educación; pero cuando se cruza esta variable con la edad, se aprecia que los agricultores de mayor edad son los que menos acceso han tenido a la educación. Sobre la edad de los agricultores, la situación es generalizada, al igual que con otros sistemas en otras regiones, “la agricultura envejece”. Por ser el cacao un cultivo permanente, la posibilidad de arrendar tierra es mínima, como lo muestran los resultados de la encuesta.

En lo relativo a las enfermedades, en el sistema de producción de cacao el 93,7 % de los encuestados afirman haber visto alguna enfermedad en el cultivo de este. El 88 % reporta que la principal enfermedad es monilia; también se presentan otras enfermedades, como *Phytophthora* sp., la cual fue informada por el 1,3 % de la muestra encuestada. El fungicida de síntesis

química más aplicado en el control de monilia es el metalaxil, en dosis de 200 g/20 L; también se usa el oxiclورو de cobre, con la misma dosis con una frecuencia anual. Además, se realizan otras prácticas, como la recolección de frutos enfermos, en un 97,5 % de la muestra encuestada; podas sanitarias, en un 2 % de la muestra, y combinación de prácticas diferentes al manejo químico (2 %)

Las variables que explican el uso de técnicas de manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao son las siguientes: el nivel tecnológico, el cual se comprobó mediante las visitas a las fincas productoras de cacao y la aplicación de la encuesta. Se encontró un grupo de agricultores que le realizan muy pocas labores al cultivo, el material de siembra lo producen en la misma unidad productiva; solamente hacen control manual de malezas una vez al año, una poda, y no hacen manejo de plagas o enfermedades. Este grupo se denominó “nivel tecnológico bajo”. Existe otro grupo que realiza más podas e injertos en la finca, en algunos casos hace podas fitosanitarias. Este grupo se denominó “nivel tecnología medio”. Y hay un grupo que usa material de siembra de vivero certificado, hace hasta cuatro podas al año y combina control químico con manual en las malezas, además realiza fertilización. Este grupo se denominó “nivel tecnológico alto”.

Las otras variables fueron el nivel educativo del agricultor (ningún grado, solo primaria, bachillerato y técnico o profesional), la experiencia en el cultivo medida en años y el hecho de haber participado anteriormente en algún proyecto de desarrollo tecnológico o capacitación en el sistema de producción de cacao (Tabla 3).

TABLA 3. Estimación de parámetros para explicar el manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao en el departamento de Córdoba, Colombia, 2023.

Variable	Coficiente	Error estándar	z-Statistic	Prob.
C	2.450.956	2.845.304	0,861404	0,3890
Ntec	2.445.396	0,701554	3.485.685	0,0005
Escolar	-0,879844	0,346664	-2.538.032	0,0111
Exper	-0,773046	0,431054	-1.793.384	0,0729
Benpycacao	1.691.660	1.143.058	1.479.942	0,1389

C=intercepto. Ntec = nivel tecnológico. Escolar = escolaridad. Exper = experiencia en el cultivo. Benpycacao = participación en proyectos de cacao.

Fuente: elaboración propia, a partir de estimaciones con base en trabajo de campo realizado por Agrosavia en 2023.

La estimación de parámetros permite entender los factores que determinan la probabilidad de que el agricultor identifique las enfermedades del cacao y realice algún manejo. Las principales enfermedades son monilia, *Phytophthora* sp. y escoba de bruja; sobre esta última los reportes son bajos.

Respecto a las variables que explican el uso de técnicas de manejo de enfermedades en el sistema de producción de cacao, en primer lugar aparece el nivel tecnológico, el cual se ha definido en consenso con el productor en tres niveles: *alto*, el productor conoce ampliamente el sistema de producción e incorpora tecnologías de manejo como podas, recolección de órganos afectados y algún tratamiento preventivo; *medio*, el productor realiza podas de mantenimiento y algunas labores manuales, principalmente; y *bajo*, el productor hace algunos controles de malezas, pocas podas y la recolección. En cuanto al porcentaje de nivel tecnológico, el 49,9 % es de nivel bajo y medio; a medida que aumenta el porcentaje, también se nota un mejor conocimiento y manejo de las enfermedades. El coeficiente de 2.445396 indica que, cuanto mayor sea el nivel tecnológico, mayor es la tendencia a manejar enfermedades.

En segundo lugar aparece la escolaridad, la cual está medida en niveles alcanzados por los agricultores, donde un 21,5 % de la muestra encuestada no ha tenido ningún nivel de estudios, el 53,8 % tiene primaria completa y solo un 3,2 % alcanzó estudios universitarios. Por ser mayor la baja escolaridad, limita las posibilidades de conocer los métodos de manejo de enfermedades en el cacao; por esta razón, el valor de parámetro es de -0.879844; se puede entender que, por ser muy bajo, impide adoptar prácticas para manejar las enfermedades.

En tercer lugar está la variable edad: los agricultores, además de tener una edad avanzada (en promedio 57 años y el límite máximo de 85 años), son reacios a incorporar prácticas de manejo de enfermedades, por eso, el valor del parámetro es de -0.773046; el signo negativo indica que se requiere una generación nueva que sea receptiva al uso de la tecnología. Esto se explica también por la discontinuidad en los programas de extensión tecnológica.

Por último, el hecho de haber participado en proyectos muestra que es un elemento a favor del uso de tecnologías para manejar las enfermedades en el sistema de producción de cacao. El valor del parámetro 1.691.660 indica que aquellos que han participado en proyectos de extensión o de fomento tienen más conocimiento y saben cómo tratar las enfermedades.

La información de la salida de la regresión por máxima verosimilitud del modelo logístico dicotómico presenta un R^2 de McFadden de 0,40; cuando los valores están entre 0,2 y 0,4, se considera que el modelo tuvo un buen ajuste según McFadden (1973). Se deja en claro que este valor no tiene la misma interpretación del coeficiente de determinación R^2 , por tratarse de variables cualitativas dicotómicas binarias, que se estimaron por máxima verosimilitud. Los valores del Z estadístico superan los valores de la z de la distribución de probabilidad correspondiente, por tanto, se rechaza la hipótesis nula $H_0: \beta = 0$, de que todos los coeficientes de la regresión son iguales a cero al 90 % de confianza.

La ecuación, expresada en los valores de los parámetros, se presenta así:

$$Me \frac{Pi}{1 - Pi} 1 - NT*(-2.445396) \beta_2 *Escaridad(-0.879844) + \beta_3 *Experiencia(-0.773046) + \beta_4 *Benpy (1.691660) + \varepsilon \quad (5)$$

Es importante señalar que la escolaridad muy baja, en una proporción de la muestra, y la edad de los agricultores, inciden en forma negativa para explicar la posibilidad de identificar y manejar las enfermedades en el cacao y, como lo afirman las encuestas, la enfermedad que más predomina es monilia, en un 88 % de la muestra encuestada; un grupo de productores han aprendido su manejo a través de prácticas sostenibles, como la recolección de órganos enfermos, monitoreo y podas sanitarias.

La experiencia no es un factor que favorezca la implementación de prácticas para el manejo de enfermedades; por ende, se recomienda construir una base social con agricultores que en el futuro sean difusores de la tecnología. Niveles tecnológicos altos generan mayores probabilidades de incorporar técnicas de manejo de enfermedades. Por último, hay que reconocer que las actividades previas y los proyectos desarrollados en la zona han causado un impacto positivo en la adopción de prácticas de manejo de las enfermedades.

Al comparar los resultados de este estudio con los reportados para el sistema de producción de cacao, se aprecia que, sobre el uso del método de elección discreta para el sistema de producción de cacao, no se encontró evidencia de algún trabajo similar. Como se mencionó al comienzo de este artículo, existe un trabajo de Traxler & Byerlee (1993) para el Valle del Yaqui en México, el cual tuvo sus orígenes a comienzos de los años 90 del siglo pasado en el sistema de producción de trigo, lo que evidencia que este método puede ser usado para estudios de toma de decisiones en agricultura. La similitud con este trabajo es que el nivel tecnológico de los agricultores es un factor decisivo en la adopción de tecnologías, y también, que los agricultores que han participado en proyectos de investigación tienden a incorporar las opciones tecnológicas, como es el caso de este trabajo respecto a las técnicas de manejo de enfermedades, que en el caso de Traxler & Byerlee (1993) fue en el uso de insecticidas en el cultivo del trigo.

Sobre el uso de modelos funcionales y la econometría, se encontraron evidencias de estudios como los de Ojonimi *et al.* (2012), Darkwah & Verter (2014) y Sarkodie *et al.* (2017), que, en el sistema de producción de cacao, pudieron demostrar la consistencia del método de estimación por mínimos cuadrados, que las decisiones de cultivar cacao están influenciadas por variables de tipo técnico, como los rendimientos; de tipo económico, como los ingresos; y de tipo social, como la composición familiar, tamaño de la finca, el tipo de mano de obra que usan y el tamaño de la unidad dedicada al

cultivo del cacao; todas estas son determinantes de la decisión de usar tecnologías y producir cacao.

CONCLUSIONES

La presencia de enfermedades ha sido considerada por los agricultores como una limitación en los rendimientos del sistema de producción de cacao en los cuatro municipios de Valencia, Tierralta, Montelíbano y Puerto Libertador, y aún más en los últimos años, cuando se detecta la presencia de monilia, *Phytophthora* sp. y escoba de bruja, principalmente; en muchos casos, los agricultores no identifican estas enfermedades, pero reconocen que están presentes en el sistema de producción causando disminuciones en los rendimientos.

Se aprecia el uso de algunas prácticas de manejo de enfermedades en una baja proporción, como la aplicación de fungicidas de síntesis química y, en ocasiones, prácticas culturales sostenibles, como recolección de frutos enfermos, monitoreo y podas sanitarias, las cuales se han hecho en algunos casos por iniciativa de los agricultores y en otros por recomendación de entidades como Fedecacao en programas de fomento de la producción.

Uno de los determinantes de la adopción de las prácticas de manejo de las enfermedades es haber participado en algún proyecto de extensión o fomento ejecutado por instituciones del sector o gremios de la producción como Fedecacao, lo cual se refleja en mayor conocimiento e incorporación de estas técnicas de manejo en el sistema de producción. Lo anterior se suma al conocimiento técnico por parte de los agricultores, quienes, a lo largo del tiempo han adoptado prácticas como material de siembra de calidad, podas sanitarias y recolección de material enfermo, lo cual ha permitido un crecimiento del capital humano que hace posible una producción más eficiente.

El uso de estas prácticas está determinado por el nivel tecnológico y los beneficios ocasionados por programas de extensión en la zona, realizados por entidades privadas, lo cual hace que las prácticas transmitidas se compartan y se divulguen entre algunos agricultores; sin embargo, entre algunos agricultores persiste la confusión sobre los síntomas de las enfermedades y además desconocen los métodos de control, lo cual es un llamado a intensificar las actividades de extensión y transferencia de tecnología.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de los municipios de Valencia, Tierralta, Montelíbano y Puerto Libertador, del sur de Córdoba, Colombia, por su tiempo y disposición a responder la encuesta de línea base tecnológica, socioeconómica, ambiental y de mercado; al Sistema General de Regalías (SGR), por la financiación

del proyecto “Implementación de tecnologías de producción para el fortalecimiento de la cadena de valor de cacao y la sostenibilidad ambiental del sistema productivo en el departamento de Córdoba”; y a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), por su apoyo en la gestión logística durante el trabajo de campo.

Conflicto de intereses: el autor declara no tener algún conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

- Acevedo-Osorio, A., Santoyo-Sánchez, J. S., Guzmán, P., & Jiménez-Reinales, N. (2018). La Agricultura Familiar frente al modelo extractivista de desarrollo rural en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21(Supl. 2), 144–154. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2supl.73925>
- Acuña, K. (2007). Tsuru: el cacao en Alta Talamanca. *Revista Herencia*, 20(1–2), 83–98.
- Agronet, Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (2023, mayo). *Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo (base de datos)*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Antolínez, E. Y., Almanza, P. J., Barona, A. F., Polanco, E., & Serrano, P. A. (2020). Estado actual de la cacaocultura: una revisión de sus principales limitantes. *Ciencia y Agricultura*, 17(2), 1–11. <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n2.2020.10729>
- Cely, L. A. (2017). Oferta productiva de cacao colombiano en el posconflicto. Estrategias para el aprovechamiento de oportunidades comerciales en el marco del acuerdo comercial Colombia-Unión Europea. *Equidad y Desarrollo*, (28), 167–195. <https://doi.org/10.19052/ed.4211>
- Cuevas-Reyes, V., Sánchez, B. I., Servín, R., Reyes, J. E., Loaiza, A., & Moreno, T. (2020). Factores determinantes del uso de sorgo para alimentación de ganado bovino en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1113–1125. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5292>
- Darkwah, S. A., & Verter, N. (2014). An empirical analysis of cocoa bean production in Ghana. *European Scientific Journal*, 10(16), 295–306.
- Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia (FEDECACAO). (2022). *Caracterización de productores de cacao 2017-2021* (data base). <https://www.fedecacao.com.co/documentos-tecnicos>
- Flórez, A., Muñoz, C., Sáenz, B., Rodríguez, N., Siachoque, R., Otero, J., Páramo, G., Martínez, O., Bonilla, G., Rangel, E., Soriano, O., Ríos, H., Garcés, E., Porras, A., Gaitán, H., Rangel, S., Morales, M., Ortiz, L., & Roldán, J. (2018). *Cultivo comercial de cacao: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1: 100.000*. UPRA.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2004). *Econometría (5a ed)*. McGraw-Hill.
- Maddala, G. S. (1996). *Introducción a la econometría*. John Wiley & Sons.
- Manly, B. F. J., McDonald, L. L., Thomas, D. L., McDonald, T. L., & Erickson, W. P. (2002). *Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies (2a ed.)*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/0-306-48151-0>

- Martínez, A. M., Avendaño, B., & Acosta, A. (2011). Determinantes de la adopción de estándares en el subsector hortícola del Noroeste de México. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 175-181. https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:229
- Martínez, A. M., Grandett, L. M., Novoa, R. S., Martínez, J. C., Contreras, J. L., & Berrio, E. E. (2022). Análisis técnico-económico del sistema de producción de *Theobroma cacao* L. en el departamento de Sucre, Colombia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 9(3), 46-55. <https://doi.org/10.53287/isbx9599ib60m>
- McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In P. Zarembka (Ed.) *Frontiers in econometrics* (pp. 105-142). Academic Press.
- McFadden, D. (2000). Economic choices. *Prize Lecture*. <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2000/mcfadden/lecture/>
- Ojonimi, A., Janet, N., & Ifeyinwa, A. (2012). Profitability and yield determinants in Nigerian cocoa farms: evidence from Ondo State. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 14(4), 172-182.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2001). *Econometría: modelos y pronósticos*. McGraw Hill.
- Ramírez, J. C., Valero, G. M. & Martínez, P. (2019). Oportunidades de las minicadenas productivas del sector cacao de santander frente al pos conflicto colombiano. *Económicas CUC*, 40(2), 153-182. <https://doi.org/10.17981/econuc.40.2.2019.10>
- Rodríguez, J. (2001). *Métodos de muestreo*. Cuadernos Metodológicos 1. Centro de Investigaciones Sociológicas; Siglo XXI de España Editores.
- Sarkodie, E. E., Yusif, H. M., & Boachie, W. K. (2017). Determinants of cocoa production in the Ashanti region. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, 5(1), 21-25.
- Sierra, D. C. (2016). *El cacao como producto líder en la sustitución de cultivos ilícitos en el proceso de posconflicto* [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15777>
- Traxler, G., & Byerlee, D. (1993). *La investigación y la extensión sobre el manejo de cultivos: los productos y sus efectos en la productividad*. Monografías en Economía del CIMMYT 5.