

Adopción de tecnologías en el cultivo de palma aceitera, Región Central Sur, Costa Rica*

Technology adoption in oil palm cultivation, South-Central Region, Costa Rica

Olga Calvo-Hernández¹, Luz Barrantes-Aguilar¹, David Gómez-Castillo¹, Diego Quirós-Badilla¹

* Recepción: 21 de abril, 2025. Aceptación: 11 de noviembre, 2025. Esta investigación fue parte del proyecto de investigación C3300: “Análisis comparativo de la actividad de palma aceitera en la Región Central Sur, desde el ámbito social, ambiental y de costos de producción, para el periodo 2015-2025”, en colaboración con el proyecto C0363: “Análisis de los factores que influyen en la adopción de tecnología en diferentes sistemas de producción en Costa Rica”, ambos inscritos en el Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial, Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios, financiados por la Universidad de Costa Rica.

¹ Universidad de Costa Rica, Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios, Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial. San José, Costa Rica. olga.calvohernandez@ucr.ac.cr (autora para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-6225-3017>); luz.barrantes@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0001-5691-6657>); david.gomez@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0001-7321-0453>); diego.quirbadilla@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-3023-6957>).

Resumen

Introducción. En Costa Rica, la palma aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacq.) se posiciona como el tercer cultivo con mayor cantidad de toneladas cosechadas y lidera la superficie de área sembrada; sin embargo, carece de estudios que evalúen la adopción de tecnologías. **Objetivo.** Identificar los factores que influyen en la adopción de tecnologías por parte de personas productoras de palma en la Región Central Sur de Costa Rica. **Materiales y métodos.** Se aplicó una encuesta a una muestra de 33 productores de la Región Central Sur de Costa Rica entre enero y diciembre de 2023. Mediante el análisis de correspondencia múltiple y el agrupamiento jerárquico aglomerativo se identificaron similitudes en las decisiones de adopción, lo que permitió clasificar a las personas en tres clústeres según la intensidad de adopción tecnológica. Estos grupos se compararon con pruebas de Kruskal-Wallis y Chi cuadrado de Pearson respecto a variables socioeconómicas y productivas. Por último, se analizó la influencia de dichas variables en la intensidad de adopción por medio del modelo probit ordenado y la estimación de sus efectos marginales. **Resultados.** Se consultaron dieciséis tecnologías; en promedio las personas implementaron cinco. Las más utilizadas fueron los abonos orgánicos (64 %) y las coberturas vivas (64 %). La experiencia en el cultivo, los dependientes económicos, el género, el contrato de entrega (organización) y la extensión de la finca se asociaron con una mayor adopción de tecnologías en el cultivo. **Conclusiones.** Se identificaron clústeres con distintos niveles de adopción tecnológica, condicionados por el género, la experiencia, las condiciones productivas y la vinculación organizativa. Las unidades con mayor adopción integraron prácticas sostenibles, presentaron mayor diversificación y mayor dependencia económica del cultivo. Ser mujer y tener mayor experiencia, dependientes económicos y un contrato agroindustrial aumentaron la probabilidad de adopción tecnológica.

Palabras claves: métodos de los probit, análisis de conglomerados, tecnología de producción, desarrollo agrícola, manejo del cultivo.



Abstract

Introduction. In Costa Rica, oil palm (*Elaeis guineensis*, Jacq.) ranks third in terms of harvested tonnage and leads in planted area; however, studies evaluating the adoption of technologies are scarce. **Objective.** To identify the factors that influence the adoption of technologies by oil palm producers in the South-Central Region of Costa Rica. **Materials and methods.** A survey was applied to a sample of 33 producers in the South-Central Region of Costa Rica between January and December 2023. Multiple correspondence analysis and agglomerative hierarchical clustering were used to identify similarities in adoption decisions, which allowed the classification of individuals into three clusters according to the intensity of technology adoption. These groups were compared using Kruskal–Wallis and Pearson’s chi-square tests with respect to socioeconomic and productive variables. Finally, the influence of these variables on adoption intensity was analyzed using an ordered probit model and the estimation of marginal effects. **Results.** Sixteen technologies were evaluated; on average, producers implemented five. The most widely used were organic fertilizers (64 %) and live ground covers (64 %). Experience in the crop, economic dependents, gender, delivery contract (organization), and farm size were associated with greater adoption of technologies in the crop. **Conclusions.** Clusters with different levels of technology adoption were identified, conditioned by gender, experience, productive conditions, and organizational linkages. Units with higher adoption integrated sustainable practices, showed greater diversification, and had greater economic dependence on oil palm cultivation. Being a woman, having greater experience, having economic dependents, and having an agro-industrial contract increased the probability of technology adoption.

Keywords: probit analysis, cluster analysis, production technology, agricultural development, crop management.

Introducción

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacq.) es nativa de África Occidental y se vincula con la familia Arecaceae. Es una planta monocotiledónea con apariencia arbórea y carente de tallo, con capacidad de producir frutos todo el año. Debido a su capacidad de producción, rendimiento, crecimiento demográfico a escala global y uso para biocombustibles (Cheng-Li Ooi et al., 2023; Murphy, 2019), es valorada como un recurso de producción de gran importancia en zonas tropicales (Cosiaux et al., 2018; Murphy et al., 2021).

Indonesia y Malasia concentran cerca del 85 % de la producción mundial de fruta de palma aceitera. La actividad resulta decisiva para sus economías por la abundancia de aceite y derivados que exportan (Murphy, 2019; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s. f.). En 2020, ambos países alcanzaron cosechas de 44,76 y 19,14 millones de toneladas de fruta fresca, en áreas de siembra superiores a los 14 y 5 millones de hectáreas, respectivamente (Ritchie et al., 2023). América Latina aporta alrededor del 6 % del aceite de palma mundial. Colombia y Guatemala destacaron como principales productores entre 2021 y 2022 (FAO, s. f.), lo que impulsó programas de desarrollo rural (González-Cárdenas, 2016).

En Costa Rica, el cultivo alcanzó 75 700 ha y 1 161 995 t en 2021 (Martínez & Hernández, 2023), lo que lo convirtió en el tercero en producción nacional (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2023) y lo destacó por su contribución al desarrollo rural, la generación de empleo y la reducción de la pobreza (Cifuentes-Espinosa et al., 2023; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] & FAO, 2020; Qaim et al., 2020; Tabe-Ojong et al., 2023); además, ocupa el primer lugar en extensión sembrada y el tercer puesto en volumen de cosecha entre los cultivos perennes del país (INEC, 2023). Países Bajos y México son los principales destinos de exportación del aceite de palma costarricense (International Trade Centre, 2024).

A nivel global, su cultivo se ha asociado con una acelerada expansión de las plantaciones, lo cual genera múltiples inquietudes sobre su sostenibilidad (Leijten et al., 2023; Rajakal et al., 2023). Su contribución a la deforestación y al deterioro de la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas se han identificado como efectos negativos de la producción y como factores clave para el establecimiento de nuevas plantaciones. Por otra parte, el cambio climático, la actitud de los consumidores (destinos de exportación) y la incidencia de enfermedades constituyen retos constantes de la actividad, así como para su rentabilidad y productividad (Dislich et al., 2018; Khatun et al., 2017; Meijaard et al., 2020; Murphy et al., 2021).

La incorporación de tecnologías es una actividad prioritaria para mejorar la productividad, sostenibilidad y rentabilidad de los cultivos (Janssen & Swinnen, 2019; Parveez et al., 2020). No existe una sola variable que pueda explicar la adopción de tecnologías, ya que esta puede estar influenciada por gran diversidad de factores (Bopp et al., 2019). Entre los más relevantes se encuentran las condiciones del entorno (contexto político, condiciones del mercado y factores climáticos), los atributos personales (motivaciones intrínsecas, situación socioeconómica y valores), las prácticas agrícolas del sistema de producción, la red de contactos y la percepción sobre los beneficios de la implementación (Thompson et al., 2019).

Las redes de comunicaciones e información desempeñan un papel importante en la adopción de tecnologías. En este intercambio de información, se han identificado como los principales determinantes los servicios de extensión (Jara-Rojas et al., 2020; Kassie et al., 2015) y la membresía o pertenencia a las organizaciones de productores (Barrantes-Aguilar et al., 2024; Bro et al., 2019; Cubero Zamora et al., 2022; Li et al., 2019; Selya et al., 2023). Asimismo, la adopción depende de la confianza en la información recibida (Liu et al., 2018; Ranjan et al., 2019) y la credibilidad del entorno político (Rodríguez-Barillas et al., 2024).

La variable género de la persona productora ha sido determinante para la adopción de tecnologías, especialmente cuando la tecnología se asocia con prácticas ambientales (Benítez-Altuna et al., 2021; Liu et al., 2018; Marie et al., 2020; Oyetunde-Usman et al., 2021). Otra variable relevante es el ingreso económico, ya que niveles más altos aumentan la probabilidad de inversión y adopción de tecnologías (Mugumaarhahama et al., 2021). Además, otras investigaciones determinaron que las inversiones promueven un mayor uso de prácticas de agricultura sostenible (Bopp et al., 2019; Valdes et al., 2023).

Costa Rica presenta escasas investigaciones que aborden las motivaciones o barreras que influyen en la adopción tecnológica en la agricultura. Estudios realizados en café (*Coffea arabica* L.) determinaron que factores como la ubicación de la finca, el uso de la variedad Obata y la afiliación cooperativista condicionan la adopción (Cubero Zamora et al., 2022). En el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), el nivel de escolaridad, la afiliación a organizaciones y la tenencia de la tierra intervienen en una mayor adopción de prácticas de conservación (Barrantes-Aguilar et al., 2024). Otras investigaciones evidenciaron que una evaluación positiva, coherente y exhaustiva de las políticas del sector favorecen la aceptación de las tecnologías y prácticas de agricultura climáticamente inteligente (Rodríguez-Barillas et al., 2024).

En este contexto, el objetivo de este estudio fue identificar los factores que influyen en la adopción de tecnologías por parte de personas productoras de palma en la Región Central Sur de Costa Rica.

Materiales y métodos

Información utilizada

Se empleó como medio de referencia la información facilitada por la Agencia de Servicios Agropecuarios de La Gloria de Puriscal, del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Las bases de datos suministradas incluyeron reportes referentes a la edad del cultivo (años), el área sembrada (ha), así como las toneladas (t) y

kilogramos (kg) entregados de fruta de palma a cada ente cooperativo por cada una de las personas productoras. Esta información corresponde al periodo comprendido entre octubre de 2015 y agosto de 2022. Previo a la utilización de los datos, se llevó a cabo un tamizaje de información, con la finalidad de identificar a los miembros activos.

Caracterización y localización de la población

El presente estudio consideró cifras correspondientes a personas asociadas a dos entes cooperativos de la Región Central Sur de Costa Rica, ubicados en los cantones de Puriscal y Turrubares, en los distritos de Chires y Carara, respectivamente. En ambos cantones se concentra el desarrollo de la producción palmera en la región, ya que esta actividad surgió a partir de un proyecto financiado por el Programa de Reconversión Productiva del Consejo Nacional de la Producción de Costa Rica (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2007) implementado en el año 2000.

El Programa de Reconversión Productiva buscó diversificar los sistemas de producción de la zona e integrar diferentes organizaciones en procesos agroindustriales que pudieran fortalecer el desarrollo de la región (MAG, 2007), pese a la presencia de características topográficas y de suelo no favorable para el cultivo. Al momento del estudio, la primera cooperativa contaba con 21 personas activas distribuidas en los cantones de Chires y Carara, con edades entre los 45 y los 80 años y fincas con extensiones entre 4 y 60 ha. La segunda cooperativa contaba con 17 individuos activos, ubicados en el distrito de Chires, con edades entre los 32 y 70 años y con áreas de 1 a 51 ha.

Técnica de muestreo utilizada

Se trabajó bajo un muestreo probabilístico, con la intención de reducir sesgos asociados al proceso de selección de las unidades de estudio y garantizar su reproducibilidad (Otzen & Manterola, 2017). Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado y se estimó la muestra para cada una de las cooperativas, con un nivel de significancia de 0,05, una desviación típica de 1,96, un error de 0,1 y un escenario conservador ($P = Q = 0,5$). Esta decisión respondió a las limitaciones de acceso y disponibilidad de las personas productoras, así como del estado físico de las vías de ingreso y distancia entre cada unidad productiva. Se utilizó la ecuación 1, referida a una población finita (Mora, 2015).

$$n = \frac{N(z_{\alpha/2})^2 PQ}{(e^2 (N - 1)) + ((z_{\alpha/2})^2 PQ)} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra población finita.

N = Población total.

$z_{\alpha/2}$ = Valor de la distribución normal estándar asociado al nivel de significancia.

P = Proporción esperada de la población.

Q = Complemento de P .

e = Error máximo permitido.

La estimación dio como resultado una muestra de diecisiete personas en el caso de la primera cooperativa y quince para la segunda. Se recolectó la información de 33 sujetos de estudio entre enero y diciembre de 2023. Las aplicaciones se realizaron a través de visitas presenciales o llamadas telefónicas y se utilizó la encuesta como instrumento de recolección.

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de correspondencia múltiple (MCA, por sus siglas en inglés) con el objetivo de identificar las similitudes entre las personas productoras en términos de aplicación de tecnologías (medidas como variables cualitativas dicotómicas). Se empleó la matriz de Burt y no se consideraron variables complementarias. Con los resultados del MCA se aplicó un agrupamiento jerárquico aglomerativo (AHC, por sus siglas en inglés) con el método de Ward y la matriz de distancia euclidiana. Se compararon variables cuantitativas y cualitativas entre los clústeres mediante la prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) y se realizaron comparaciones por pares con la prueba de suma de rangos de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945) y la prueba Chi cuadrado de Pearson.

Mediante un modelo probit ordenado (OP, por sus siglas en inglés) y la estimación de sus efectos marginales, se analizó el impacto de las variables socioeconómicas en la intensidad de adopción de tecnologías. Se verificó el supuesto de probabilidades proporcionales mediante la prueba de Brant (Brant, 1990). Se aplicaron pruebas de bondad de ajuste para modelos de regresión logística ordinal, como la prueba de Lipsitz (Lipsitz et al., 1996), la prueba de Hosmer-Lemeshow (Hosmer & Lemeshow, 2000) y las pruebas de Pulkstenis-Robinson (Pulkstenis & Robinson, 2004). Para el análisis se emplearon paquetes del *software* RStudio versión 4.2.1 y STATA versión 16.0, con un nivel de significancia de 0,05.

Resultados

Descripción de la muestra

El 76 % de las unidades productivas se ubicó en el distrito de Chires, un 21 % en Carara y el 3 % restante se localizó fuera de Puriscal. Las condiciones del terreno fueron variadas, 28 % de las personas afirmó que la mayor parte del área sembrada se ubicaba en superficie plana, el 41 % en ladera y para el 31 %, prevalecían ambas superficies. En la zona operan dos cooperativas que agrupan a la mayoría de las personas productoras, el 48 % entregaban la cosecha a la Cooperativa 1, el 30 % a la Cooperativa 2 y un 21 % restante no pertenecía a ningún gremio. Además, la mayoría de las fincas estaban administradas por hombres (82 %).

Entre las personas encuestadas, la edad media fue de 57 años, con 12 años de experiencia en el cultivo. El nivel de escolaridad fue bajo, con predominio de educación primaria. Además, el 67 % contaba con un ingreso mensual familiar igual o menor a 400 000 colones (786,57 dólares, según el tipo de cambio oficial al 19 de febrero de 2025). El área dedicada al cultivo, densidad de siembra y edad de la plantación presentaron variabilidad. Algunas personas mantenían ganado en la finca (44 %), árboles (54,55 %) o proyectos de reforestación (12,12 %) y utilizaban crédito (banca estatal, cooperativas, empresa privada) para la siembra (64,63 %).

La distancia promedio entre la vivienda y la finca fue de 13,68 km. Asimismo, el área total promedio de las fincas alcanzó 15,53 ha, de las cuales en promedio 8,87 ha estaban dedicadas al cultivo de palma. La densidad promedio de siembra se estimó en 174,63 plantas/ha, con plantaciones que presentaron una edad promedio de 13,16 años (plantas jóvenes de 8,15 años y las más antiguas de 12,25 años). En términos fitosanitarios, un 51,52 % reportó problemas con la enfermedad de pudrición del cogollo (flecha seca) y un 45,45 % problemas de anillo rojo.

A partir de la consulta, se determinó que las personas productoras de palma implementaban en promedio cinco tecnologías, con una desviación estándar de dos. De la muestra estudiada, una persona productora no aplicaba ninguna de las tecnologías estudiadas y, como máximo, cinco personas utilizaban nueve de estas tecnologías. De las dieciséis tecnologías consultadas, las más utilizadas fueron el uso de abonos orgánicos, como compost o lombricompost, en conjunto con las coberturas vivas. Entre las menos mencionadas se identificaron el control

biológico de malezas, el uso de plantas nectaríferas, el uso de microorganismos y la asociación con otros cultivos (Figura 1).

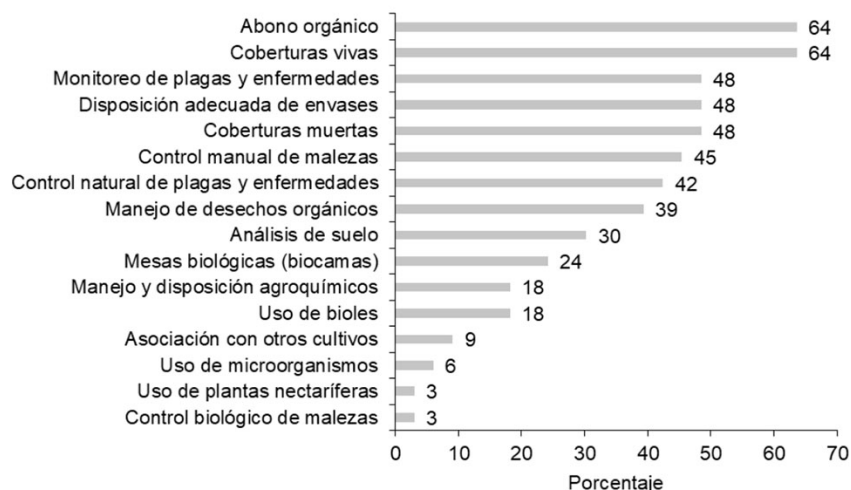


Figura 1. Porcentaje de personas productoras que adoptaron las tecnologías consideradas en el estudio de adopción de tecnologías en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*). Región Central Sur, Costa Rica. Enero a diciembre de 2023.

Figure 1. Percentage of producers who adopted the technologies considered in the study on technology adoption in oil palm (*Elaeis guineensis*) cultivation. South-Central Region, Costa Rica. January to December 2023.

Clúster de las unidades productivas

Según los resultados del análisis de correspondencia múltiple, la inercia total explicada fue de 0,12, y las dos primeras dimensiones explicaron alrededor del 70,2 % de la variación total. A partir del análisis del dendrograma de la clasificación jerárquica ascendente, las unidades productivas se agruparon en tres clústeres. Estos se compararon entre sí respecto a las variables socioeconómicas y productivas mediante pruebas de Kruskal-Wallis (dada la falta de normalidad en las variables cuantitativas) y Chi cuadrado de Pearson.

Se identificaron diferencias significativas en la media de tecnologías adoptadas. El clúster 1 adoptó en promedio tres tecnologías ($DE = 1,48$), el clúster 2 registró cinco ($DE = 1,71$) y el clúster 3 alcanzó una media de adopción de ocho tecnologías ($DE = 1,27$). En cuanto a las variables cualitativas, se observó una asociación significativa entre los clústeres y la condición del terreno. En el clúster 3 predominaron las fincas con terrenos mixtos (unidades productivas con áreas tanto en ladera como en plano); en el clúster 2 hubo una mayor cantidad de fincas ubicadas en terrenos planos, y en el clúster 1 la distribución fue uniforme, sin predominio de una condición específica de terreno.

El clúster 1 estuvo conformado por diez fincas y correspondió al grupo con menor tasa de adopción (tres tecnologías). Estas fincas estaban administradas en su mayoría por hombres (90 %) y presentaron una media de edad mayor. El ingreso de estos hogares fue de 486,57 dólares o menos en la mayoría de los casos (90 %); sin

embargo, solo alrededor del 30 % señaló que la palma representaba una parte importante de dichos ingresos. En las fincas más pequeñas predominó la condición de terreno plano, con plantaciones un poco más jóvenes y menores densidades de siembra. Solo el 29 % de los casos reportaron tener árboles en la finca y un 11 % contaba con algún proyecto de reforestación.

El clúster 2 mostró un promedio de adopción de cinco tecnologías y correspondió al grupo con mayor número de fincas. Este grupo tenía las fincas de mayor tamaño y, en la mayoría de las variables productivas, presentó condiciones intermedias entre el clúster 1 y el clúster 3. En las unidades productivas con mayor presencia de ganado y árboles predominó la condición de ladera. El ingreso de los hogares mostró una distribución más equilibrada entre categorías, a diferencia del grupo anterior, y el cultivo de la palma fue más importante para estos hogares.

El clúster 3 presentó la media de adopción más alta, con un promedio de ocho tecnologías implementadas por persona productora. El tamaño de las fincas fue similar a las del clúster 2; sin embargo, registró mayores densidades de siembra y plantaciones de mayor edad. Hubo más presencia de proyectos de reforestación y una proporción importante afirmó la posesión de árboles. Las condiciones del terreno fueron mixtas en la mayoría de los casos. Fue el grupo con más mujeres a cargo (33 %) y, al igual que el grupo anterior, los ingresos de los hogares mostraron alta variabilidad, pero con un mayor impacto de la actividad de la palma en sus ingresos.

Intensidad de adopción (modelo OP)

En el modelo de regresión probit ordenado (OP) y en la estimación de los efectos marginales, la variable dependiente ordinal correspondió a los clústeres estimados en la etapa anterior, los cuales clasificaron a las unidades productivas según su intensidad de adopción. Como variables independientes se consideraron el género de la persona administradora, la edad en años cumplidos, los años de experiencia en el cultivo, la cantidad de dependientes económicos, la organización con la que se tiene contrato de entrega, el área de la finca (ha), la edad promedio de las plantaciones más antiguas y la proporción de ingresos que representa la palma.

El modelo presentó un Pseudo R^2 de McFadden de 0,50 y un estadístico Chi-cuadrado de la prueba de razón de verosimilitud estadísticamente significativo ($p = 0,0001$), lo que permitió rechazar la prueba conjunta de todos los coeficientes de pendiente iguales a cero. La prueba de Brant confirmó el supuesto de probabilidades proporcionales ($p > 0,05$) y las pruebas de bondad de ajuste (Lipsitz, Hosmer-Lemeshow, Pulkstenis-Robinson) indicaron un adecuado ajuste del modelo a los datos ($p > 0,05$) (Cuadro 1).

Los resultados del OP indicaron que los hombres tendieron a adoptar menor cantidad de tecnologías. De acuerdo con la estimación de los efectos marginales, las mujeres mostraron alrededor de un 61 % más de probabilidad de formar parte del clúster 3. Los años de experiencia en el cultivo, la cantidad de dependientes económicos y, en cierto grado, el área de la finca mostraron un efecto positivo sobre la adopción. Las personas productoras con contrato con una cooperativa agroindustrial de servicios múltiples a nivel nacional (produce, siembra, cosecha, industrializa y comercializa aceite de palma y otros derivados) presentaron mayor probabilidad de pertenecer al clúster que más prácticas adopta (alrededor de un 42 %).

Cuadro 1. Resultados del modelo probit ordenado (OP) y sus efectos marginales. Región Central Sur, Costa Rica. 2023.**Table 1.** Results of the ordered probit model (OP) and its marginal effects. South-Central Region, Costa Rica. 2023.

Variables	Coeficientes	Efectos marginales		
		Prob (Y = 1 X)	Prob (Y = 2 X)	Prob (Y = 3 X)
Género	-3,9428**	0,3310***	0,2806***	-0,6116***
(1 = Hombres)	(1,5239)	(0,0696)	(0,0907)	(0,1239)
Edad	0,0192	-0,0034	0,0011	0,0022
	(0,0307)	(0,0055)	(0,0023)	(0,0033)
Experiencia	0,2931**	-0,0512***	0,0175*	0,0336***
	(0,1137)	(0,0136)	(0,0102)	(0,0129)
Dependientes	0,8921***	-0,1557***	0,0533	0,1024***
	(0,3067)	(0,0397)	(0,0355)	(0,0298)
Contrato	3,5363***	-0,4932***	0,0710	0,4222***
(1 = Cooperativa agroindustrial)	(1,0958)	(0,0778)	(0,0812)	(0,0907)
Área de palma	0,0286	-0,0050*	0,0017	0,0033
	(0,0184)	(0,0027)	(0,0012)	(0,0022)
Edad de plantas viejas	0,1074	-0,0188	0,0064	0,0123
	(0,0857)	(0,0153)	(0,0079)	(0,0082)
Ingresos palma	0,9295	-0,1547	0,0456	0,1091
(1 = 61 % o más)	(0,6384)	(0,0999)	(0,0483)	(0,0681)
n	30			
LR chi2(8)	32,07			
Prob > chi2	0,0001			
Log likelihood	-16,0088			
Pseudo R ²	0,5004			

Nivel de significancia: 10 % (*); 5 % (**); 1 % (***). Error estándar entre paréntesis. / Significance level: 10 % (*); 5 % (**); 1 % (***). Standard error in parentheses.

Discusión

Los hallazgos del estudio indicaron que, cuando la persona encargada de la finca o la persona productora era mujer, se favoreció la adopción de tecnologías. Esta relación coincide con investigaciones que señalaron que el ser mujer aumenta las probabilidades de adoptar tecnologías relacionadas con el ambiente (Benítez-Altuna et al., 2021; Marie et al., 2020; Ngaiwi et al., 2023). Las mujeres muestran más sensibilidad hacia las actividades ambientales y una mayor implicación en prácticas sostenibles y agricultura alternativa en comparación con los hombres (Ball, 2020; Desrochers et al., 2019; Glazebrook et al., 2020; Unay-Gailhard & Bojnec, 2021).

Las personas de menor edad, pero con mayor trayectoria en la actividad, mostraron una motivación más alta hacia la adopción de tecnologías, lo que puede favorecer la innovación dentro del sistema de producción. En general, las personas productoras jóvenes presentan mayor apertura hacia prácticas que mejoran la eficiencia y competitividad de sus unidades productivas (Aguilar-Gallegos et al., 2015). Por el contrario, las personas productoras de mayor edad suelen optar por estrategias orientadas a la reducción del riesgo, lo cual limita la incorporación de nuevas tecnologías o cambios en sus cultivos (Yaseen et al., 2023).

El capital humano en las unidades productivas provoca un aumento en la adopción de tecnologías. Los datos analizados mostraron una tendencia a mayor adopción de tecnología cuando aumentó la cantidad de dependientes económicos. Esto podría deberse a que se cuenta con más mano de obra familiar para labores demandantes. Investigaciones previas concordaron en que los hogares con familias numerosas presentan mayor disposición a utilizar prácticas más intensivas en mano de obra (Etsay et al., 2019).

Las personas productoras que vendieron su producto a una cooperativa determinada o empresa privada que procesa y comercializa el aceite de palma recibieron servicios de asistencia técnica orientados al control y manejo de plagas y enfermedades. Pese a que la implementación de recomendaciones no es obligatoria, esto favoreció la adopción de tecnologías. Algunas investigaciones como la realizada por Tatis Díaz et al. (2022) destacan que pertenecer a una organización social y obtener asistencia técnica promueve la adopción de mejores prácticas agrícolas. Otros autores identifican el intercambio de información con los servicios de extensión y asesoría técnica como un factor relevante para la adopción de tecnologías (Jara-Rojas et al., 2020; Kassie et al., 2015).

Las tecnologías más adoptadas en estos sistemas requieren un uso extensivo de mano de obra para su implementación (Carroni et al., 2023), debido a la irregularidad y las pendientes del terreno de las fincas. Prácticas como la aplicación de abonos orgánicos y coberturas vivas al suelo se observan con mayor frecuencia en los grupos con más ingresos económicos. Este aspecto representa un desafío para las personas productoras con menores ingresos (Daadi & Latacz-Lohmann, 2021). El ingreso ha sido identificado en algunas investigaciones como una variable significativa en la adopción de tecnologías (Aguilar-Gallegos et al., 2015; Cafer & Sanford Rikoon, 2018; Rodthong et al., 2020).

Los resultados también mostraron que las fincas con más presencia de árboles presentaron una mayor adopción de tecnología, lo que se puede vincular a la conciencia ambiental. Las creencias de las personas productoras respecto a las áreas boscosas en su finca promueven la implementación de algunas tecnologías para disminuir el impacto ambiental de las actividades agrícolas, principalmente las de conservación. Esta relación fue confirmada por Denashurya et al. (2023), quienes determinaron que las actitudes de las personas productoras hacia la adopción surgen en respuesta al deseo por preservar los recursos naturales y mantener la salud y el bienestar de las comunidades.

Las plantaciones de palma ubicadas en pendiente mostraron inclinación a una mayor adopción. El riesgo que perciben las personas productoras por la pérdida de nutrientes debido a la erosión las motiva a la implementación de prácticas como el uso de abonos orgánicos y de coberturas vivas para reducir la pérdida de nutrientes y mejorar las condiciones nutricionales del suelo. Las percepciones de las personas sobre los beneficios de la implementación de estas tecnologías son clave para la adopción (Thompson et al., 2019). La fertilidad y la salud de los suelos resultan determinantes para asegurar la productividad (Supriatna et al., 2024) y la permanencia en la actividad (Yaseen et al., 2023).

Conclusiones

El análisis permitió agrupar a las personas productoras en tres clústeres con niveles particulares de adopción tecnológica, asociados a características socioeconómicas y productivas. Las diferencias entre grupos resultaron estadísticamente significativas, lo que evidenció la variedad de las unidades productivas. El género, la experiencia en el cultivo, la cantidad de dependientes económicos, el área de la finca y la vinculación con cooperativas influyeron significativamente en el nivel de adopción tecnológica.

Las mujeres, las personas con mayor experiencia y quienes mantenían contratos con agroindustrias nacionales mostraron una mayor probabilidad de pertenecer al grupo con más prácticas adoptadas. Los hallazgos obtenidos permitieron identificar que existen elementos fundamentales, organizativos y sociales que inciden en la intensidad de adopción tecnológica. Por tanto, se recomienda diseñar estrategias agrícolas y políticas públicas diferenciadas que reconozcan los distintos perfiles productivos y socioeconómicos.

Agradecimientos

Se agradece a las personas productoras por su anuencia a colaborar en el proceso de levantamiento de información, así como al personal de la Agencia de Extensión Agropecuaria La Gloria del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica por su apoyo en la logística para las visitas a campo.

Conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que no existen conflictos de intereses.

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>
- Ball, J. A. (2020). Women farmers in developed countries: a literature review. *Agriculture and Human Values*, 37(1), 147-160. <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09978-3>
- Barrantes-Aguilar, L., Gómez-Castillo, D., Villalobos-Ramos, V., & Valdés-Salazar, R. (2024). Factores que influyen en la adopción de prácticas sostenibles en el cultivo del arroz en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 35, Artículo 56879. <https://doi.org/10.15517/am.2024.56879>
- Benitez-Altuna, F., Trienekens, J., Materia, V. C., & Bijman, J. (2021). Factors affecting the adoption of ecological intensification practices: A case study in vegetable production in Chile. *Agricultural Systems*, 194, Artículo 103283. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103283>
- Bopp, C., Engler, A., Poortvliet, P. M., & Jara-Rojas, R. (2019). The role of farmers' intrinsic motivation in the effectiveness of policy incentives to promote sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 244, 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.107>
- Brant, R. (1990). Assessing proportionality in the proportional odds model for ordinal logistic regression. *Biometrics*, 46(4), 1171-1178. <https://doi.org/10.2307/2532457>
- Bro, A. S., Clay, D. C., Ortega, D. L., & Lopez, M. C. (2019). Determinants of adoption of sustainable production practices among smallholder coffee producers in Nicaragua. *Environment, Development and Sustainability*, 21(2), 895-915. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0066-y>
- Cafer, A. M., & Sanford Rikoon, J. (2018). Adoption of new technologies by smallholder farmers: the contributions of extension, research institutes, cooperatives, and access to cash for improving tef production in Ethiopia. *Agriculture and Human Values*, 35(3), 685-699. <https://doi.org/10.1007/s10460-018-9865-5>
- Carroni, E., Delogu, M., & Pulina, G. (2023). Technology adoption and specialized labor. *International Economics*, 173, 249-259. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2023.01.003>
- Cheng-Li Ooi, L., Kamil, N. N., Mohd Salleh, K., Leslie Low, E. T., Ong-Abdullah, M., Lakey, N., Ordway, J. M., Garner, P. A., Nookiah, R., Sambanthamurthi, R., Abd Manaf, M. A., Ismail, A., & Singh, R. (2023). Improving oil palm

- sustainability with molecular-precision agriculture: yield impact of SHELL DNA testing in the Malaysian oil palm supply chain. *Scientia Horticulturae*, 321, Artículo 112305. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112305>
- Cifuentes-Espinosa, J. A., Feintrenie, L., Monzón-Alvarado, C., Schmook, B., & Mesa-Jurado, M. A. (2023). Oil palm growers' prospects for sustainable oil palm production. A case study from Campeche, Mexico. *Agricultural Systems*, 212, Artículo 103780. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2023.103780>
- Cosiaux, A., Gardiner, L. M., Stauffer, F. W., Bachman, S. P., Sonké, B., Baker, W. J., & Couvreur, T. L. P. (2018). Low extinction risk for an important plant resource: Conservation assessments of continental African palms (Arecaceae/Palmae). *Biological Conservation*, 221, 323-333. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.025>
- Cubero Zamora, A., Gómez Castillo, D., Barrantes Aguilar, L. E., & Villalobos Ramos, V. (2022). Índice de adopción de tecnologías en café, región Brunca, Costa Rica. *E-Agronegocios*, 8(2), 27-44. <https://doi.org/10.18845/ea.v8i2.6143>
- Daadi, B. E., & Latacz-Lohmann, U. (2021). Organic fertilizer use by smallholder farmers: typology of management approaches in northern Ghana. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36(2), 192-206. <https://doi.org/10.1017/S1742170520000228>
- Denashurya, N. I., Nurliza, Dolorosa, E., Kurniati, D., & Suswati, D. (2023). Overcoming barriers to ISPO certification: analyzing the drivers of sustainable agricultural adoption among farmers. *Sustainability*, 15(23), Artículo 16507. <https://doi.org/10.3390/su152316507>
- Desrochers, J. E., Albert, G., Milfont, T. L., Kelly, B., & Arnocky, S. (2019). Does personality mediate the relationship between sex and environmentalism? *Personality and Individual Differences*, 147, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.04.026>
- Dislich, C., Hettig, E., Salecker, J., Heinonen, J., Lay, J., Meyer, K. M., Wiegand, K., & Tarigan, S. (2018). Land-use change in oil palm dominated tropical landscapes—An agent-based model to explore ecological and socio-economic trade-offs. *PLoS ONE*, 13(1), Artículo e0190506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190506>
- Etsay, H., Negash, T., & Aregay, M. (2019). Factors that influence the implementation of sustainable land management practices by rural households in Tigray region, Ethiopia. *Ecological Processes*, 8, Artículo 14. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0166-8>
- Glazebrook, T., Noll, S., & Opoku, E. (2020). Gender matters: Climate change, gender bias, and women's farming in the global south and north. *Agriculture*, 10(7), Artículo 267. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070267>
- González-Cárdenas, A. (2016). La agroindustria de la palma de aceite en América. *Revista Palmas*, 37(Especial Tomo II), 215-228. https://fedepalma.org/wp-content/uploads/2016/12/M_3_3_-La-agroindustria-en-America.pdf
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression* (2.^a ed.). John Wiley & Sons.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023, septiembre). *Granos básicos son el 78 % de los cultivos anuales*. <https://inec.cr/noticias/granos-basicos-son-el-78-los-cultivos-anuales>
- International Trade Centre. (2024). *151110 - Aceite de palma en bruto* [Conjunto de datos]. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Janssen, E., & Swinnen, J. (2019). Technology adoption and value chains in developing countries: Evidence from dairy in India. *Food Policy*, 83, 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.08.005>

- Jara-Rojas, R., Canales, R., Gil, J. M., Engler, A., Bravo-Ureta, B., & Bopp, C. (2020). Technology adoption and extension strategies in mediterranean agriculture: The case of family farms in Chile. *Agronomy*, 10(5), Artículo 692. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050692>
- Kassie, M., Teklewold, H., Jaleta, M., Marennya, P., & Erenstein, O. (2015). Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in eastern and southern Africa. *Land Use Policy*, 42, 400-411. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.08.016>
- Khatun, R., Reza, M. I. H., Moniruzzaman, M., & Yaakob, Z. (2017). Sustainable oil palm industry: The possibilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 608-619. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.077>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583-621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- Leijten, F., Lantz C Baldos, U., Johnson, J. A., Sim, S., & Verburg, P. H. (2023). Projecting global oil palm expansion under zero-deforestation commitments: Direct and indirect land use change impacts. *iScience*, 26(6), Artículo 106971. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106971>
- Li, Q., Zeng, F., Mei, H., Li, T., & Li, D. (2019). Roles of motivation, opportunity, ability, and trust in the willingness of farmers to adopt green fertilization techniques. *Sustainability*, 11(24), Artículo 6902. <https://doi.org/10.3390/su11246902>
- Lipsitz, S. R., Fitzmaurice, G. M., & Molenberghs, G. (1996). Goodness-of-fit tests for ordinal response regression models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 45(2), 175-190. <https://doi.org/10.2307/2986153>
- Liu, T., Bruins, R. J. F., & Heberling, M. T. (2018). Factors influencing farmers' adoption of best management practices: A review and synthesis. *Sustainability*, 10(2), Artículo 432. <https://doi.org/10.3390/su10020432>
- Marie, M., Yirga, F., Haile, M., & Tquabo, F. (2020). Farmers' choices and factors affecting adoption of climate change adaptation strategies: evidence from northwestern Ethiopia. *Heliyon*, 6(4), Artículo e03867. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03867>
- Martínez, E., & Hernández, L. (2023). *Informe sobre la actualización de la estructura de costos del cultivo de palma aceitera*. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. http://www.sepsa.go.cr/DOCS/2023-017-Informe_modelo_costos_palma.pdf
- Meijaard, E., Brooks, T. M., Carlson, K. M., Slade, E. M., Garcia-Ulloa, J., Gaveau, D. L. A., Lee, J. S. H., Santika, T., Juffe-Bignoli, D., Struebig, M. J., Wich, S. A., Ancrenaz, M., Koh, L. P., Zamira, N., Abrams, J. F., Prins, H. H. T., Sendashonga, C. N., Murdiyarso, D., Furumo, P. R., ... Sheil, D. (2020). The environmental impacts of palm oil in context. *Nature Plants*, 6(12), 1418-1426. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00813-w>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2007). *Cadena agroalimentaria del cultivo de palma aceitera en distrito de Chires de Puriscal*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10271.pdf>
- Mora, M. (2015). *Fórmulas y tablas estadísticas*. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Mugumaarhahama, Y., Mondo, J. M., Cokola, M. C., Ndjadi, S. S., Mutwedu, V. B., Kazamwali, L. M., Cirezi, N. C., Chuma, G. B., Ndeko, A. B., Ayagirwe, R. B. B., Civava, R., Karume, K., & Mushagalusa, G. N. (2021). Socio-economic drivers of improved sweet potato varieties adoption among smallholder farmers in South-Kivu Province, DR Congo. *Scientific African*, 12, Artículo e00818. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00818>

- Murphy, D. (2019). Oil palm value chain management. En T. Allan, B. Bromwich, M. Keulertz, & A. Colman (Eds.), *The Oxford handbook of food, water and society* (pp. 630-651). *Oxford University Press*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190669799.013.33>
- Murphy, D. J., Goggin, K., & Paterson, R. R. M. (2021). Oil palm in the 2020s and beyond: challenges and solutions. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), Artículo 39. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00058-3>
- Ngaiwi, M. E., Molua, E. L., Sonwa, D. J., Meliko, M. O., Bomdzele, E. J., Ayuk, J. E., Castro-Nunez, A., & Latala, M. M. (2023). Do farmers' socioeconomic status determine the adoption of conservation agriculture? An empirical evidence from Eastern and Southern Regions of Cameroon. *Scientific African*, 19, Artículo e011498. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01498>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s. f.). *Cultivos y productos de ganadería*. Recuperado el 8 de enero de 2025 de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Oyetunde-Usman, Z., Olagunju, K. O., & Ogunpaimo, O. R. (2021). Determinants of adoption of multiple sustainable agricultural practices among smallholder farmers in Nigeria. *International Soil and Water Conservation Research*, 9(2), 241-248. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.10.007>
- Parveez, G. K. A., Hishamuddin, E., Loh, S. K., Ong-Abdullah, M., Salleh, K. M., Bidin, M. N. I. Z., Sundram, S., Hasan, Z. A. A., & Idris, Z. (2020). Oil palm economic performance in Malaysia and R&D progress in 2019. *Journal of Oil Palm Research*, 32(2), 159-190. <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0032>
- Pulkstenis, E., & Robinson, T. J. (2004). Goodness-of-fit tests for ordinal response regression models. *Statistics in Medicine*, 23(6), 999-1014. <https://doi.org/10.1002/sim.1659>
- Qaim, M., Sibhatu, K. T., Siregar, H., & Grass, I. (2020). Environmental, economic, and social consequences of the oil palm boom. *Annual Review of Resource Economics*, 12, 321-344. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-110119-024922>
- Rajakal, J. P., Hwang, J. Z. H., Hassim, M. H., Andiappan, V., Tan, Q. T., & Ng, D. K. S. (2023). Integration and optimisation of palm oil sector with multiple-industries to achieve circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 40, 318-336. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.06.022>
- Ranjan, P., Wardropper, C. B., Eanes, F. R., Reddy, S. M. W., Harden, S. C., Masuda, Y. J., & Prokopy, L. S. (2019). Understanding barriers and opportunities for adoption of conservation practices on rented farmland in the US. *Land Use Policy*, 80, 214-223. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.039>
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2023). *Agricultural production*. OurWorldinData.org. <https://ourworldindata.org/agricultural-production#interactive-charts-on-agricultural-production>
- Rodríguez-Barillas, M., Klerkx, L., & Poortvliet, P. M. (2024). What determines the acceptance of climate smart technologies? The influence of farmers' behavioral drivers in connection with the policy environment. *Agricultural Systems*, 213, Artículo 103803. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103803>

- Rodthong, W., Kuwornu, J. K. M., Datta, A., Anal, A. K., & Tsusaka, T. W. (2020). Factors influencing the intensity of adoption of the roundtable on sustainable palm oil practices by smallholder farmers in Thailand. *Environmental Management*, 66(3), 377-394. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01323-3>
- Selya, N. Y., Dimoso, P., & Mgale, Y. J. (2023). Exploring the adoption and impact of conservation agriculture among smallholder farmers in semi-arid areas: evidence from Chamwino District, Tanzania. *Research on World Agricultural Economy*, 4(2), 47-61. <https://doi.org/10.36956/rwae.v4i2.801>
- Supriatna, J., Djumarno, D., Saluy, A. B., & Kurniawan, D. (2024). Sustainability analysis of smallholder oil palm plantations in several provinces in Indonesia. *Sustainability*, 16(11), Artículo 4383. <https://doi.org/10.3390/su16114383>
- Tabe-Ojong, M. P., Molua, E. L., Nanfouet, M. A., Mkong, C. J., Kiven, V., & Ntegang, V. A. (2023). Oil palm production, income gains, and off-farm employment among independent producers in Cameroon. *Ecological Economics*, 208, Artículo 107817. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107817>
- Tatis Diaz, R., Pinto Osorio, D., Medina Hernández, E., Moreno Pallares, M., Canales, F. A., Corrales Paternina, A., & Echeverría-González, A. (2022). Socioeconomic determinants that influence the agricultural practices of small farm families in northern Colombia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(7), 440-451. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.12.001>
- Thompson, N. M., Bir, C., Widmar, D. A., & Mintert, J. R. (2019). Farmer perceptions of precision agriculture technology benefits. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 51(1), 142-163. <https://doi.org/10.1017/aae.2018.27>
- Unay-Gailhard, Í., & Bojnec, Š. (2021). Gender and the environmental concerns of young farmers: Do young women farmers make a difference on family farms? *Journal of Rural Studies*, 88, 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.027>
- Valdes, R., Gómez, D., & Barrantes, L. (2023). Enhancing agricultural value chains through technology adoption: a case study in the horticultural sector of a developing country. *Agriculture & Food Security*, 12, Artículo 45. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00450-4>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83. <https://doi.org/10.2307/3001968>
- Yaseen, M., Thapa, N., Visetnoi, S., Ali, S., & Saqib, S. E. (2023). Factors determining the farmers' decision for adoption and non-adoption of oil palm cultivation in northeast Thailand. *Sustainability*, 15(2), Artículo 1595. <https://doi.org/10.3390/su15021595>