

Análisis de la adopción de innovaciones agrícolas en productores de quinua de Cabana, Puno (Perú)

Analysis of the adoption of agricultural innovations in quinoa producers from Cabana, Puno (Peru)

Juan Walter Tudela-Mamani^{1*}, Marielena Málaga-Luna² y Grisell Aliaga-Melo³

Abstract

The main objective of the research was to characterize the innovation network and estimate an innovation adoption rate to evaluate its relationship with income generation in quinoa producers in Cabana. The characterization of the innovation network has been carried out using the social network analysis methodology (SNA), the innovation adoption index (IAI) has been obtained through an ordinal measurement scale and the return of the level of adoption of innovations on Producers' income has been estimated using the two-stage least squares methodology (TSLS) through the data obtained in a survey of 268 producers. The weak articulation of social capital has been evidenced in Cabana quinoa producers; however, the network of customers and input suppliers is well defined. Most of the producers stand out for their innovations in the productive component, the main weakness is related to the scarce innovation in the administration component. For each level of innovation adopted, a return of 49.09% on the income of the producer has been estimated, showing that the adoption of innovations has a greater impact on the generation of economic income compared to the years of schooling that only reaches 7.8%.

Keywords: Agricultural innovation, adoption of innovations, value network, analysis of social networks and two-stage least squares.

Resumen

El objetivo principal de la investigación fue caracterizar la red de innovación y estimar un índice de adopción de innovaciones para evaluar su relacionamiento con la generación de ingresos en productores de quinua (*Chenopodium quinoa*) de Cabana. La caracterización de la red de innovación se ha realizado mediante la metodología de análisis de redes sociales (ARS), el índice de adopción de innovaciones (IAI) se ha obtenido mediante una escala de medición ordinal y el retorno del nivel de adopción de innovaciones sobre el ingreso de los productores se ha estimado mediante la metodología de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) a través de los datos obtenidos en una encuesta a 268 productores. Se ha evidenciado la débil articulación del capital social en los productores de quinua de Cabana, sin embargo, se tiene bien definida la red de clientes y proveedores de insumos. La mayoría de los productores destacan por sus innovaciones en el componente productivo, pero la principal debilidad está relacionada con la escasa innovación en el componente de administración. Por cada nivel de innovación adoptada se ha estimado un retorno del 49.09% sobre el ingreso del productor, evidenciándose que la adopción de innovaciones tiene mayor impacto en la generación de ingresos económicos frente a los años de escolaridad que solo llega a un 7.8%.

Palabras clave: Innovación agrícola, adopción de innovaciones, red de valor, análisis de redes sociales y mínimos cuadrados en dos etapas.

Recibido: 02/08/2020

Aceptado: 30/03/2021

Publicado: 15/04/2021

Sección: Artículo original

*Autor correspondiente: jtudela@unap.edu.pe

Introducción

Dada la importancia económica del cultivo de la quinua en el Perú y particularmente en la región Puno, la presente investigación se inserta en el análisis de la red de valor. “Se considera que una red es la interacción de actores (personas, empresas, instituciones) ubicados en un espacio físico para promover el desarrollo individual y colectivo” (Rendón-Medel y Díaz-José, 2003, p. 32).

El estudio de las redes de innovación permite no solo analizar la situación de los flujos de información entre productores, empresas e instituciones, sino que, además, permite ubicar factores relacionados con la existencia de estas relaciones, favoreciendo la toma de decisiones orientadas a incrementar dichos flujos (Muñoz-Rodríguez y Santoyo-Cortes, 2010).

Un factor determinante para explicar el surgimiento y multiplicación de las redes es la existencia de actores

con la firme creencia de que el funcionamiento en red favorece sus objetivos (Muñoz-Rodríguez *et al.*, 2004). Es decir, se podría demostrar que el productor que obtuvo ganancias tiene una red más amplia que aquél que perdió en su producción.

¹Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5113-846X>.

²Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. <https://orcid.org/0000-0002-5249-0916>.

³Facultad de Ciencias Contables y Administrativas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7168-7717>.

Cómo citar: Tudela-Mamani, J. W., Málaga-Luna, M. y 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. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2021.242>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

Diversos autores (Cano-Reyes *et al.*, 2015; García-Sánchez *et al.*, 2019; González-Ramírez *et al.*, 2019; Ireta-Paredes *et al.*, 2018), con el enfoque de redes de valor, han analizado la capacidad tractora de las empresas en la adopción de innovaciones, demostrado el vínculo entre la adopción de innovaciones y la creación de valor y establecido programas de transferencia de tecnología para acelerar la difusión y adopción de las innovaciones. En esa misma línea, mediante la metodología de análisis de redes sociales, Roldán-Suárez *et al.* (2018) analizaron la interacción entre los actores (agricultores, extensionistas, proveedores de insumos, instituciones gubernamentales y de enseñanza e investigación) para evaluar el capital relacional, que son la base del capital social para el desarrollo de procesos de innovación en el sector rural. También con el enfoque de red de valor se ha evaluado los factores que influyen en la competitividad sistémica (Ruiz-Díaz y Muñoz-Rodríguez, 2017). En el tema de adopción de innovaciones, se destaca estudios relacionados con la identificación de estrategias de intervención diferenciadas del nivel de adopción de innovaciones para cada productor específico (Pérez-Guel *et al.*, 2016), identificación de procesos de adopción y difusión de innovaciones (Avendaño-Ruiz *et al.*, 2017), identificación de la influencia del capital social en la adopción de innovaciones (Oble-Vergara *et al.*, 2017), medición del grado de adopción de las innovaciones (Sánchez-Gómez *et al.*, 2017) y adopción de tecnologías de manejo de suelos (Martínez y Gómez, 2012).

En el Perú se destaca algunas prácticas de innovación empresarial en el sector agrícola, en efecto, Kuramoto (2010) realiza una síntesis de experiencias de innovación empresarial exitosas en productores de banano orgánico, azúcar y mermeladas de exportación, ambos casos en el norte, e innovación tecnológica en familias campesinas dedicadas a la agroindustria en la región Cusco; evidenciando una mejora de los métodos de producción a través de la adopción de paquetes tecnológicos específicos, generando aumentos de productividad y sobre todo una mejor calidad del producto.

Los aportes antes señalados han contribuido a un mejor entendimiento del enfoque de redes de innovación, sin embargo, son escasas las aplicaciones empíricas con este enfoque y demás en el ámbito del análisis de la adopción de innovaciones, todavía persiste la necesidad de reforzar las aproximaciones cuantitativas con alto rigor técnico. En este contexto, el objetivo principal de la investigación fue caracterizar la red de innovación y estimar un índice de adopción de innovaciones para evaluar su relacionamiento con la generación de ingresos en productores de quinua de Cabana.

Materiales y métodos

Área de estudio

El distrito de Cabana, situado en la parte oeste de la provincia de San Román en la zona central de la región Puno y en la parte sur del territorio peruano, fue seleccionada como área de estudio. Localizada en las coordenadas 15°17'54" S 70°21'18" O, ocupa una superficie de 191.23 Km² y representa el 8.40% de la extensión territorial de la provincia y se encuentra a 3901 msnm y cuenta con una población de 4843 habitantes

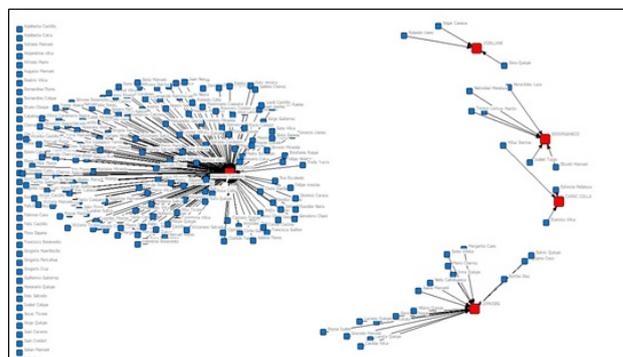


Figura 1. Redes de principales cooperativas y/o asociaciones

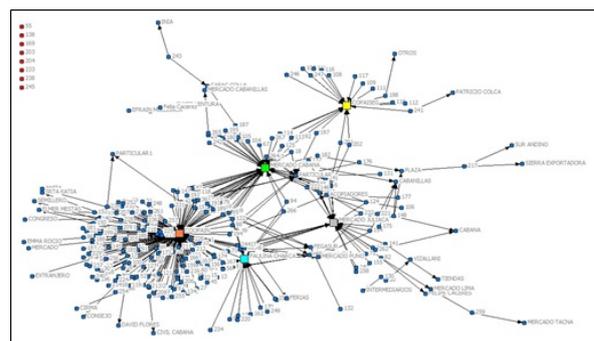


Figura 2. Redes de clientes mencionados por los productores

(INEI, 2018).

De acuerdo con la Agencia Agraria San Román – Juliaca, los productores de quinua constituyen aproximadamente 1590 productores. Para el cálculo del tamaño de muestra, se ha tomado en cuenta a los productores organizados en cooperativas (663), productores organizados en asociaciones (334) y productores sin asociación (593) que para fines de la investigación constituye la población. El tamaño de la muestra resultó en 268 productores, misma que se determinó con base en la técnica de muestreo aleatorio simple.

Análisis de la red de innovaciones

Se ha caracterizado a los productores de quinua de Cabana en términos de: difusión de innovaciones, selección de actores clave, intercambio de información y conocimiento e intervenciones basadas en red, para estos propósitos se ha utilizado el enfoque del análisis de redes sociales (ARS). Para generar indicadores en el ARS se ha recurrido al software UCINET y NetDraw (Monge-Pérez y Hartwich, 2008). Para el cálculo de los indicadores utilizados en el ARS y la correspondiente interpretación de éstos, se ha utilizado el manual de Aguilar-Gallegos *et al.* (2017).

Estimación del índice de adopción de innovaciones

Con la finalidad de hacer comparables las diferentes tipologías de innovaciones se ha recurrido al uso de escalas ordinales de medición entre 0 a 1, los cuales han sido codificadas en función del grado de adopción de las innovaciones: Nunca [0], a veces [0.25], casi siempre [0.50] y siempre [1]. En total se han identificado 27 tipos de innovaciones, los cuales han sido clasificados en

Tabla 1. Variables empleadas en el modelo y su descripción

Variabes en el modelo	Variabes en la base	Descripción
Ingresos	lingresos	Logaritmo del ingreso total del productor
Nivel educativo	nivel_educ	Años de escolaridad del productor
Nivel de adopción de innovaciones	NAI	Se determinó a partir de la construcción del IAI, específicamente se ha establecido la siguiente categorización: [0.00-0.25=1, 0.26-0.50=2, 0.51-0.75=3 y 0.76-1.00=4].
Superficie sembrada	sup_has	Superficie sembrada de quinua en hectáreas
Asistencia técnica	asis_tec	Asistencia técnica recibida: 1=si, 0=no

Tabla 2. Principales estadísticas descriptivas a nivel de organizaciones

Variabes	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Biorganico (6 productores)				
Ingreso total anual	6 310.67	711	12 220.00	4 328.86
Edad	42	22	68	19.73
Experiencia	16.33	1	40	18.58
Años de escolaridad	12.63	9	16	2.88
Superficie sembrada (hectáreas)	1.54	0.25	3	0.98
Capac Colla (3 productores)				
Ingreso total anual	3 320.00	2 100.00	5 060.00	1 547.00
Edad	50.67	27	67	20.98
Experiencia	23	3	60	32.08
Años de escolaridad	9	5	14	4.58
Superficie sembrada (hectáreas)	1.67	1	2	0.58
Coopain (164 productores)				
Ingreso total anual	10 287.43	1 000.00	217 000.00	19 785.52
Edad	52.22	20	88	14.35
Experiencia	19.42	1	60	13.7
Años de escolaridad	8.7	0	16	3.58
Superficie sembrada (hectáreas)	2.8	0.25	30	3.32
Copaiseq (17 productores)				
Ingreso total anual	7 396.18	500	20 470.00	6 387.31
Edad	47.59	25	78	13.55
Experiencia	6.76	2	30	7.17
Años de escolaridad	9.53	0	16	3.89
Superficie sembrada (hectáreas)	2.07	0.25	5.5	1.44
Individual (75 productores)				
Ingreso total anual	4 639.56	100	27 400.00	5 252.95
Edad	52.21	22	82	12.83
Experiencia	21.05	1	60	14.16
Años de escolaridad	8.12	0	16	3.69
Superficie sembrada (hectáreas)	1.63	0.25	8	1.54
Vizallani (3 productores)				
Ingreso total anual	9 800.00	6 500.00	15 600.00	5 038.85
Edad	33.33	29	37	4.04
Experiencia	13.33	10	20	5.77
Años de escolaridad	13.67	11	16	2.52
Superficie sembrada (hectáreas)	2.67	2	3	0.58

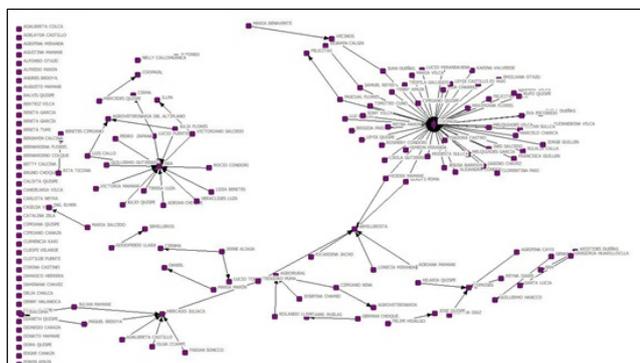


Figura 3. Redes de proveedores de insumos mencionados por los productores

tres componentes, en el primer componente productivo se tienen 13 innovaciones, en el segundo componente comercial se tienen 8 innovaciones y en el tercer componente de administración se ha consignado 6 tipologías de innovaciones. Con base en lo anterior, se ha diseñado un índice de adopción de innovaciones (IAI) teniendo en cuenta la estrategia metodológica desarrollado por Tudela-Mamani (2016), misma que considera tres partes fundamentales: i) definición de ejes de análisis y variables, ii) análisis descriptivo, gráfico y de correlaciones y iii) elaboración del índice mediante componentes principales.

Estimación de los retornos del nivel de adopción de innovaciones sobre el ingreso

Con la finalidad de estimar los retornos del nivel de adopción de innovaciones sobre el ingreso de los productores de quinua de Cabana, se ha adaptado el enfoque teórico de la economía de la educación aportado por Mincer (1974), quien propone la medición empírica de la tasa de retorno de la educación, mediante la ecuación Minceriana, el cual relaciona los años de educación formal con el ingreso percibido en el mercado de trabajo. En este contexto el modelo planteado es el siguiente:

$$\ln(\text{ingresos}_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{nivel_educ}_i + \beta_2 \text{nai}_i + \varepsilon_i$$

Como variable dependiente se ha tomado el logaritmo del ingreso total del productor $\ln(\text{ingresos})$, las variables explicativas consideradas son: nivel_educ (años escolaridad del productor) y NAI (nivel de adopción de innovaciones). Teóricamente se espera un mayor ingreso como consecuencia del aumento en los años de escolaridad y niveles de adopción de innovaciones. Sin embargo, el cumplimiento de esta hipótesis no es fácil de probarla mediante la estimación de un modelo de regresión lineal simple, debido a que las variables nivel_educ y NAI teóricamente son endógenas. En consecuencia, se ha optado por usar como variables instrumentales la asistencia técnica recibida y la superficie sembrada en hectáreas, y utilizar la metodología de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), para probar la endogeneidad se ha recurrido al contraste de Hausman, explicitado en Rosales-Álvarez *et al.* (2013). En la Tabla 1 se ilustra las variables empleadas en el modelo y su descripción.

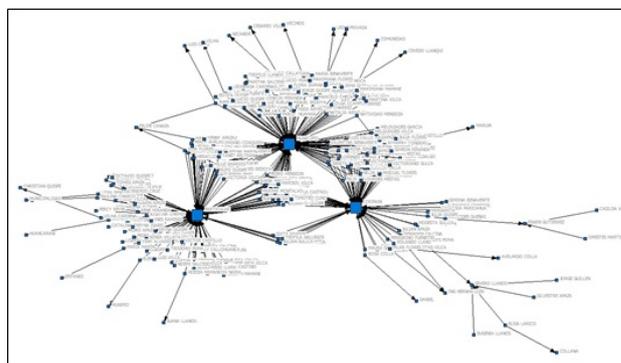


Figura 4. Redes de proveedores de maquinarias mencionados por los productores

Resultados

La base de datos utilizada en la presente investigación ha sido tabulada a partir de la aplicación de encuestas a productores de quinua organizados en asociaciones y/o cooperativas y productores independientes del distrito de Cabana en octubre del 2018. Se aplicaron un total de 268 encuestas, que incluyen tanto a productores que realizan innovaciones agrícolas como los que no, así como a productores dedicados a la producción orgánica, convencional o mixta. En la Tabla 2 se ilustra una descripción de las principales variables que se utilizan en el análisis estadístico y econométrico.

Redes de innovaciones agrícolas

En la Figura 1 se ilustra la red de cooperativas o asociaciones mencionadas por los productores; en efecto, los nodos azules representan a los productores encuestados y los nodos rojos representan a los grupos referenciados, por tanto, se observa que el grupo con mayor grado de centralidad es Coopain, es decir, es la cooperativa que fue mencionada más veces por los productores. Por otro lado, también se aprecia que existe gran cantidad de productores que están aislados, a los cuales se observa en el lado izquierdo, estos productores trabajan de manera independiente sin ningún vínculo con el resto de los grupos.

En la Figura 2 se ilustra el análisis de clientes de los encuestados (nodos azules), ocho de los productores no mencionaron a sus clientes (nodos rojos alineados a la izquierda), los demás se encuentran altamente distribuidos, en efecto, los clientes que más fueron mencionados son cinco, los cuales se encuentran resaltados en nodos de colores y son “Coopain”, “Copaiség”, “Paulina Charca” y “los mercados de Cabana y Juliaca”. También se logra apreciar que existen productores que tienen clientes que no comparten con nadie. Lo anterior pone en evidencia que la comercialización de quinua en el distrito de Cabana no es muy dispersa debido a que existen grupos de acopiadores importantes, por lo tanto, los productores no pueden cambiar con facilidad de cliente al no existir un nivel de competencia considerable en la demanda.

En la Figura 3 se ilustra la red de proveedores de insumos (un aproximado de 20 proveedores mencionados), se observa que los de mayor importancia son “Coopain” e “INIA” ya que resultan con mayor centralidad. Sin embargo, más de la mitad de los productores indica que los insumos que usan como semillas y abono son

Tabla 3. Índice de adopción de innovaciones en productores de quinua de Cabana

Innovaciones agrícolas		Biorganico	Capac Colla	Coopain	Copaiseg	Individual	Vizallani
Productivo	Asistencia técnica	0.125	0.8333	0.6265	0	0.1267	0.3333
	Uso de maquinaria	0.875	1	0.9512	0.9265	0.8433	0.8333
	Abono, estiércol	0.875	1	0.9299	0.9412	0.9433	1
	Semilla certificada	0.4167	0.75	0.6174	0.1912	0.1967	0.25
	Abonos orgánicos	0.375	1	0.8155	0.8824	0.5567	0.75
	Silos para almacenar	0.3333	0.75	0.5229	0.4706	0.38	0.5
	Control de plagas y enfermedades	0.625	0.8333	0.6098	0.4412	0.4867	0.75
	Control de malas hierbas	0.75	0.8333	0.7988	0.8235	0.7167	0.75
	Uso de trilladoras	0.7083	1	0.8232	0.4853	0.48	1
	Fertilizantes orgánicos	0.3333	0.6667	0.4604	0.3824	0.35	0.4167
	Análisis de suelo	0.5417	0.1667	0.3826	0.1618	0.263	0.4167
	Campañas fitosanitarias	0.125	0.6667	0.4863	0.2206	0.18	0.4167
	Control medio ambiental	0.5833	0.8333	0.4759	0.4265	0.2133	0.8333
	Comercialización	Compra de insumo en común	0.0417	0	0.1341	0.1029	0.0867
Contratos de venta de su producto		0.5417	0.1667	0.3918	0.1471	0.12	0.6667
Organización con otros productores		0.4583	0.5	0.5793	0.3824	0.09	0.75
Proveedor de cooperativa o asociación		0.4583	1	0.8963	1	0.0967	1
Socio de cooperativa o asociación		0.375	1	0.9329	1	0.0967	1
Sobrepeso producto orgánico		0.5	0.25	0.5366	0.2941	0.0967	0.75
Certificación		0.375	0.75	0.7942	0.5	0.107	0.3333
Procesamiento de producto		0.2083	0.5833	0.3201	0.0735	0.27	0.6667
Administración	Información de internet	0.1667	0.3333	0.0945	0.1176	0.07	0.0833
	Registros de proceso productivo	0.2083	0.5	0.4268	0.1618	0.1933	0.8333
	Control escrito de ventas	0.5833	0.5	0.5503	0.2941	0.1933	0.8333
	Control escrito de costo	0.6667	0.5	0.5823	0.3529	0.2133	0.8333
	Contador propio o externo	0	0.3333	0.0457	0.0147	0	0
	Uso programas de cómputo	0.0417	0.3333	0.0413	0	0.0067	0
	Promedio general	0.4182	0.6327	0.5491	0.3998	0.2732	0.5926

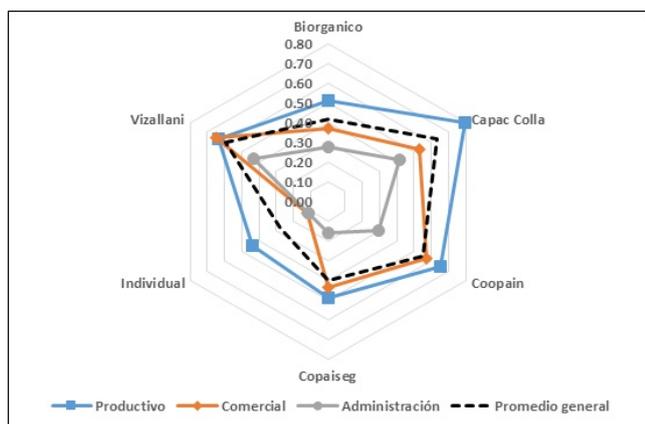


Figura 5. Índice de adopción de innovaciones a nivel de componentes

propios, por tanto, no necesitan comprarlos, al igual que para el caso de los clientes no se observa un grado de concentración importante donde los productores puedan fácilmente cambiar de proveedores.

En cuanto a los proveedores de maquinarias, en la Figura 4 se observa que existen tres grupos de proveedores bien definidos: “Coopain”, “Municipalidad de Cabana” y “proveedores particulares”, se observa un alto grado de concentración y centralidad hacia estos proveedores, debido a que los productores encuestados señalan que el municipio y cooperativa son los dos principales proveedores de maquinarias y cuando no hay disponibilidad contratan de forma particular (diferentes personas y no un proveedor en específico), es decir, existe un nivel de competencia que permite a los productores cambiar de proveedor con mayor facilidad.

Índice de adopción de innovaciones

En la Tabla 3 se presenta los valores promedios del índice de adopción de innovaciones para la totalidad de variables consideradas como innovaciones adoptadas por los productores de quinua de Cabana (27 innovaciones divididas en tres componentes: productivo, comercialización y administración). Se evidencia que los productores que pertenecen a Copac Colla, Vizallani y Coopain presentan valores más altos de 0.6327, 0.5926 y 0.5491, respectivamente, en un segundo grupo se destaca a productores que pertenecen a Biorganico y Copaiseq quienes tienen un índice de 0.4182 y 0.3998, respectivamente, un tercer grupo de productores categorizados como individuales tienen el más bajo índice (0.2732).

La principal fortaleza de la mayoría de los productores radica en la adopción de innovaciones de carácter productivo, principalmente en el uso de maquinaria, abono, estiércol y control de malas hierbas. Sin embargo, los productores individuales son los que tienen bajos niveles de innovación, evidentemente este grupo de productores necesitan una atención especial por parte de las entidades públicas que tienen que ver con el fomento de la agricultura en la región.

Para evaluar las innovaciones a nivel de componentes se utiliza el gráfico radial representado en la Figura 5, en ésta se puede observar que la mayoría de los productores destacan en innovaciones de carácter productivo, constituyéndose en su principal fortaleza,

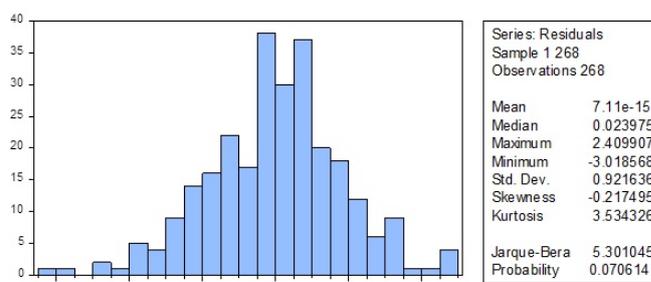


Figura 6. Histograma de residuos del modelo de regresión

sin embargo, se observa que solamente los productores asociados a Copaiseq, Vizallani y Coopain, claramente destacan en innovaciones de carácter comercial (valor del índice por encima del promedio general). Asimismo, resulta importante mencionar que la principal debilidad de la mayoría de los productores de quinua está relacionada con la escasa innovación en el componente de administración. No está demás enfatizar que los valores promedio del índice por debajo del promedio general indican que esas innovaciones requieren de medidas correctivas urgentes, en consecuencia, los mayores puntos de atención están relacionados con las innovaciones en el componente de administración para la totalidad de productores. Por otro lado, los productores asociados a Biorganico, Copac Colla y productores individuales deben mejorar sus innovaciones de tipo comercial.

Retorno del nivel de adopción de innovaciones sobre el ingreso

La estimación del modelo econométrico de retornos del nivel de adopción de innovaciones sobre el ingreso se ha realizado mediante un proceso de análisis riguroso de varias formas funcionales. En efecto, en la Tabla 4 se reporta los resultados de las estimaciones econométricas por MC2E, donde se aprecia que los signos de los coeficientes estimados son los correctos y sus magnitudes razonables, existe un ajuste regular en términos del coeficiente de determinación (R^2), es decir, el 22% de la variación en los ingresos del productor está siendo explicada por el nivel educativo y el nivel de adopción de innovaciones (en este tipo de modelos no interesa maximizar el coeficiente de determinación, lo que interesa es encontrar las relaciones de causalidad).

Con respecto a la prueba de dependencia del modelo estimado, el estadístico F resultó en 37.85 con una probabilidad de 0.0000, concluyéndose que existe dependencia conjunta en el modelo; en efecto, el nivel educativo y nivel de adopción de innovaciones explican estadísticamente en su conjunto el ingreso del productor al 1% de significancia. Con respecto a la prueba de relevancia estadística, se puede apreciar que todas las variables explicativas del modelo son estadísticamente relevantes en forma individual al 1% de significancia, es decir, cada una de las variables explicativas en forma individual aporta información importante al modelo de regresión.

Con la finalidad de verificar el cumplimiento de los principales supuestos del modelo de regresión, se ha realizado las pruebas de multicolinealidad,

Tabla 4. Modelo de retorno de adopción de innovaciones sobre el ingreso

Dependent Variable: LINGRESOS				
Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 08/23/20 Time: 10:30				
Sample: 1 268				
Included observations: 268				
White heteroskedasticity-consistent standard errors & covariance				
Instrument specification:				
NIVEL_EDUC ASIST_TEC NAI SUP_HA				
Constant added to instrument list				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.663729	0.255694	26.06139	0.0000
NIVEL_EDUC	0.07818	0.014965	5.224202	0.0000
NAI	0.490928	0.080874	6.070296	0.0000
R-squared	0.222176	Mean dependent var		8.48266
Adjusted R-squared	0.216305	S.D. dependent var		1.045005
S.E. of regression	0.925107	Sum squared resid		226.7931
F-statistic	37.84692	Durbin-Watson stat		1.819104
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR		226.7931
J-statistic	91.57174	Instrument rank		5
Prob(J-statistic)	0.000000			

heterocedasticidad, endogeneidad y normalidad de los residuos. Con respecto a la multicolinealidad, en primer lugar se ha calculado el determinante de la matriz de correlaciones cuyo valor resultó en 0.9952 (ausencia de multicolinealidad), complementariamente se ha estimado la medida de colinealidad de Belsley, Kuck y Welsch cuyo resultado fue 1.072 considerándose ausencia de colinealidad en el modelo.

Con respecto al problema de heterocedasticidad, se han realizado las pruebas de Breusch-Pagan-Godfrey y la prueba de White, en ambos casos no se puede rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad (p-valor mayor que 0.01), es decir, el modelo original no presenta heterocedasticidad, sin embargo, para garantizar eficiencia en la estimación de los parámetros, se ha procedido a estimar el modelo econométrico por el método de White (errores estándar consistentes).

Para la evaluación de la endogeneidad en el modelo econométrico se ha aplicado el contraste de Hausman tomando como instrumento para el nivel educativo la asistencia técnica recibida y para el nivel de adopción de innovaciones la superficie sembrada, es evidente que existe correlación entre cada variable y su instrumento (la asistencia técnica está correlacionada con el nivel educativo y la superficie sembrada influye sobre el nivel de adopción de innovaciones). En ambos casos se ha verificado la presencia de endogeneidad de las variables nivel educativo y nivel de adopción de innovaciones según el contraste de Hausman, motivo por el cual se ha procedido con ajustar el modelo utilizando variables instrumentales mediante el método de MC2E, misma que se reporta en el Tabla 4.

Para probar la normalidad de los residuos, en la Figura 6 se ilustra el histograma de los residuos (se observa una alta concentración de observaciones cercana a cero y frecuencias comparativamente bajas hacia los extremos) y el contraste de Jarque-Bera que acepta formalmente la normalidad de los residuos (p-valor mayor que 0.01).

Habiendo validado el modelo econométrico, se procede con la interpretación correspondiente; en efecto, la variable nivel educativo presenta una relación positiva con el ingreso del productor, evidenciando que cada año adicional de escolaridad genera un 7.8% de retorno sobre el ingreso. Por su parte, el nivel de adopción de innovaciones también presenta una relación positiva con la generación de ingresos económicos, reflejando que por cada nivel de innovación adoptada se tiene un retorno del 49.09% sobre el ingreso del productor. Al comparar ambas variables explicativas, se concluye que, en los productores de quinua de Cabana, la adopción de innovaciones es la que tiene mayor impacto en la generación de ingresos económicos.

En la Tabla 5 se ilustra el nivel de adopción de innovaciones y su relacionamiento con la generación de ingresos económicos, claramente se puede observar correspondencia entre la adopción de innovaciones y el ingreso, es decir, al considerarse una red un conjunto de interrelaciones, los productores de quinua que adoptan más innovaciones y además toman decisiones con base en su red tienen mejores resultados económicos, frente a aquellos productores con poca innovación que toman decisiones de manera individual.

Discusión

Mediante el ARS se ha demostrado que el grupo de productores con mayor grado de centralidad es Coopain y la existencia de una gran cantidad de productores que están aislados sin ningún vínculo con el resto de los grupos, lo anterior pone en evidencia la débil articulación del capital social en los productores de quinua de Cabana. Para orientar la política pública a la producción orgánica, Tudela-Mamani (2015) plantea fortalecer la participación de los productores en organizaciones sociales de base (asociación, comité o cooperativa). Por su parte, Oble-Vergara *et al.* (2017) plantean fortalecer el capital social para que la innovación tenga mayor posibilidad de

Tabla 5. Adopción de innovaciones y su relacionamiento con el ingreso del productor

Nivel de adopción de innovaciones	Número de productores que adoptan innovaciones						Ingreso promedio anual (soles)
	Biorganico	Capac Colla	Coopain	Copaiseg	Individual	Vizallani	
[0.00-0.25]=1	1	0	0	0	39	0	2 473.70
[0.26-0.50]=2	4	0	64	14	32	1	7 860.39
[0.51-0.75]=3	1	3	89	3	4	2	9 086.29
[0.76-1.00]=4	0	0	11	0	0	0	28 033.64

adopción.

Con respecto a la red de clientes y proveedores de insumos, se ha evidenciado que los productores de quinua de Cabana tienen redes bien definidas, lo cual evidentemente constituye una fortaleza; en este contexto, el ARS es útil para analizar los patrones de interacciones entre productores y actores presente en una red, lo que permite entender los procesos de búsqueda de información y conocimiento para innovar (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2016).

La mayoría de los productores de quinua en Cabana destacan por sus innovaciones en el componente productivo. Sin embargo, la principal debilidad está relacionada con la escasa innovación en el componente de administración (información de internet, registros de proceso productivo, control escrito de ventas, control escrito de costo, contador propio o externo y uso programas de cómputo). Estudios recientes en cooperativas agrarias desarrollan estrategias para contribuir a fortalecer la gestión comercial mediante el empleo de las tecnologías digitales (Perdigón-Llanes, 2020). Igualmente, González-Castro *et al.* (2019) ponen en evidencia que los productores no utilizan herramientas administrativas ni llevan registros contables que orienten la toma de decisiones.

En los productores de quinua de Cabana, la adopción de innovaciones es la que tiene mayor impacto en la generación de ingresos económicos frente a los años de escolaridad. Este resultado es concordante con la literatura internacional; así, en el caso colombiano, Tenjo-Galarza y Alberto-Jaimes (2018) señalan que en el sector rural hay una alta segmentación por género y que los retornos de la educación son muy bajos, especialmente en la agricultura.

Entonces, los resultados de la investigación permiten evidenciar como nuevo aporte al conocimiento dos aspectos fundamentales: en primer lugar, sigue siendo una debilidad en el sector rural las innovaciones que tienen que ver con el acceso a nuevas tecnologías de la información y por ende a procedimientos administrativos informatizados; y en segundo lugar, también se ha puesto de manifiesto que la adopción de innovaciones en el sector rural tiene impactos positivos en la generación de ingresos, motivo por el cual, la recomendación de política que surge a raíz de estos resultados es que las entidades que tienen que ver con la promoción del sector agrario deben priorizar la difusión y adopción de innovaciones.

Conclusiones

El grupo de productores con mayor grado de centralidad es Coopain, también existe gran cantidad de productores que están aislados sin ningún vínculo con el resto de los grupos. Los clientes que más fueron mencionados por los productores de quinua son Coopain, Copaiseg, Paulina Charca y los mercados de Cabana y Juliaca. La red de proveedores de insumos de mayor importancia es Coopain e INIA ya que resultan con mayor centralidad; en cuanto a los proveedores de maquinarias, se observa que existen tres grupos de proveedores bien definidos: Coopain, Municipalidad de Cabana y proveedores particulares.

Respecto al índice de adopción de innovaciones, los productores que pertenecen a Capac Colla, Vizallani y Coopain presentan valores más altos (0.6327, 0.5926 y 0.5491); en un segundo grupo se destaca a productores que pertenecen a Biorganico y Copaiseg, quienes tienen un índice de 0.4182 y 0.3998, respectivamente; un tercer grupo de productores categorizados como individuales tienen el más bajo índice (0.2732). A nivel de componentes, la mayoría de los productores destacan en innovaciones de carácter productivo, sin embargo, los productores asociados a Copaiseg, Vizallani y Coopain destacan en innovaciones de carácter comercial. La principal debilidad de la mayoría de los productores de quinua está relacionada con la escasa innovación en el componente de administración.

El nivel de adopción de innovaciones presenta una relación positiva con la generación de ingresos económicos, reflejando que por cada nivel de innovación adoptada se tiene un retorno del 49.09 % sobre el ingreso del productor, evidenciándose que, en los productores de quinua de Cabana, la adopción de innovaciones es la que tiene mayor impacto en la generación de ingresos económicos frente a los años de escolaridad que solo llega a un 7.8 %.

Referencias

- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. y Aguilar-Ávila, J. (2017). *Análisis de redes sociales: Conceptos clave y cálculo de indicadores*. Universidad Autónoma Chapingo - CIESTAAM. <https://doi.org/978-607-12-0487-5>.
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M. y García-Sánchez, E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>.

- Avendaño-Ruiz, B. D., Hernández-Alcantar, M. L. y Martínez-Carrasco-Pleite, F. (2017). Innovaciones tecnológicas en el sector hortícola del noroeste de México: Rapidez de adopción y análisis de redes de difusión. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 495–511. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:740.
- Cano-Reyes, O., Villanueva-Jiménez, J. A., Reta-Mendiola, J. L., Huerta-De-la-Peña, A. y Zarazúa, J. A. (2015). Investigación participativa y redes de innovación en agroecosistemas con Papayo en Cotaxtla, Veracruz, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(2), 219–237. <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v12n2/v12n2a6.pdf>.
- García-Sánchez, E. I., Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I. y Aguilar-Ávila, J. (2019). Sistema de innovación como marco analítico de la agricultura protegida en la región centro de México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 15(81), 1–24. <https://doi.org/10.11144/javeriana.cdr15-81.sima>.
- González-Castro, Y., Manzano-Durán, O. y García-Hoya, O. (2019). Puntos críticos de la cadena productiva de la mora (*Rubus glaucus* Benth), en el municipio de Pamplona, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 10(1), 9–22. <https://doi.org/10.19053/20278306.v10.n1.2019.10008>.
- González-Ramírez, M. G., Santoyo-Cortés, H., Aguilar-Ávila, J. y Aguilar-Gallegos, N. (2019). Desarrollo de proveedores de hule natural en la cuenca del río Papaloapan, México: avances y limitaciones. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 259–276. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art1459.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. INEI. <http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>.
- Ireta-Paredes, A., Pérez-Hernández, P., Bautista-Ortega, J. y Rosas-Herrera, L. (2018). Análisis de la red de valor calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Campeche, México. *Agrociencia*, 52, 151–167. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n1/1405-3195-agro-52-01-151-en.pdf>.
- Kuramoto, J. (2010). Prácticas exitosas de innovación empresarial y comportamiento tecnológico sectorial. En L. Peñaherrera-Sánchez (Ed.), *Innovación empresarial y comportamiento tecnológico sectorial: experiencias exitosas y estudios de casos* (pp. 13–35). CIES-FYNCIT. <https://www.grade.org.pe/publicaciones>.
- Martínez, A. M. y Gómez, J. D. (2012). Elección de los agricultores en la adopción de tecnologías de manejo de suelos en el sistema de producción de algodón y sus cultivos de rotación en el valle cálido del Alto Magdalena. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 62–70. https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num1_art:241.
- Mincer, J. (1974). Schooling and Earnings. En J. A. Mincer (Ed.), *Schooling, Experience, and Earnings* (pp. 41–63). National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/chapters/c1765>.
- Monge-Pérez, M. y Hartwich, F. (2008). Análisis de redes sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *REDES-Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 14(2), 1–32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93101402>.
- Muñoz-Rodríguez, M. y Santoyo-Cortes, V. H. (2010). Del extensionismo a las redes de innovación. En J. Aguilar-Ávila, J. Altamirano-Cárdenas y R. Rendón-Medel (Eds.), *Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural* (pp. 31–69). Universidad Autónoma Chapingo - CIESTAAM.
- Muñoz-Rodríguez, Manrubio, Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., García-Muñoz, J. y Altamirano-Cárdenas, J. R. (2004). *Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural*. Universidad Autónoma Chapingo - Fundación PRODUCE Michoacan, A.C.
- Oble-Vergara, E., Almaguer-Vargas, G., González-Aguirre, R. L. y Ocampo-Ledesma, J. G. (2017). Influencia del capital social en los procesos de innovación agrícola. *Textual*, 70, 9–25. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.70.002>.
- Perdigón-Llanes, R. (2020). Estrategia digital para fortalecer la gestión comercial de las cooperativas agropecuarias cubanas. *Cooperativismo y Desarrollo*, 8(1), 33–44. <http://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes/article/view/286>.
- Pérez-Guel, R., Martínez-Bautista, H., López-Torres, B. y Rendón-Medel, R. (2016). Estimación de la adopción de innovaciones en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 2909–2923. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7nspe15/2007-0934-remexca-7-spe15-2909-en.pdf>.
- Rendón-Medel, R. y Díaz-José, J. (2003). Principios e indicadores del análisis de redes de innovación en el medio rural. En R. Rendón-Medel y J. Aguilar-Ávila (Eds.), *Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas* (pp. 29–48). Universidad Autónoma Chapingo.
- Roldán-Suárez, E., Rendón-Medel, R., Camacho-Villa, T. y Aguilar-Ávila, J. (2018). Gestión de la interacción en procesos de innovación rural. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, 19(1), 15–28. https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num1_art:609.
- Rosales-Álvarez, R., Perdomo-Calvo, J., Morales-Torrado, C. y Urrego-Mondragón, J. (2013). *Fundamentos de econometría intermedia: teoría y aplicaciones*. Universidad de los Andes-Colombia.
- Ruiz-Díaz, E. y Muñoz-Rodríguez, M. (2017). Análisis de la competitividad sistémica de la red de valor mango Ataulfo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 3039–3049. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.424>.
- Sánchez-Gómez, J., Rendón-Medel, R., Díaz-José, J. y Sonder, K. (2017). El soporte institucional en la adopción de innovaciones del productor de maíz: región centro, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 2925–2938. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.416>.
- Tenjo-Galarza, J. y Alberto-Jaimes, C. (2018). Ingresos y educación en el sector rural Colombiano. *Revista de Economía Institucional*, 20(38), 209–233. <https://doi.org/10.18601/01245996.v20n38.09>.
- Tudela-Mamani, J. W. (2015). Caracterización socioeconómica y ambiental de la producción de café orgánico en el Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(1), 23–32. <https://doi.org/10.18271/ria.2015.73>.
- Tudela-Mamani, J. W. (2016). Análisis multidimensional de la competitividad productiva rural: un estudio para orientar la inversión pública en el marco del apoyo a la competitividad productiva (PROCOMPITE). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 18(2), 151–168. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.196>.

