





Nadie innova más de lo que sus relaciones le permiten: El caso de pequeños productores

No one innovates more than their relationships allow: The case of small farmers

Juan Salvador Jiménez-Carrasco¹ ,
Roberto Rendón-Medel^{2*} ,
Julio Díaz-José³ ,
Citlalli Melissa Segura-Salazar¹ 

¹Universidad Politécnica de Texcoco, Carretera Federal los Reyes - Texcoco Km 14.200 San Miguel Coatlinchán, CP. 56250. Estado de México, México.

²Universidad Autónoma Chapingo - CIESTAAM, Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, CP. 56235. Estado de México, México.

³Universidad Veracruzana, Josefa Ortiz de Domínguez, CP. 94945. Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: rendon.roberto@ciestaam.edu.mx

Artículo científico

Recibido: 30 de marzo 2023

Aceptado: 23 de octubre 2023

Como citar: Jiménez-Carrasco JS, Rendón-Medel R, Díaz-José J, Segura-Salazar CM (2023) Nadie innova más de lo que sus relaciones le permiten: El caso de pequeños productores. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* Núm. Esp. III: e3718. DOI: 10.19136/era.a10nIII.3718

RESUMEN. Contrarrestar la confrontación entre sistemas productivos establecidos por el humano para la producción de alimentos y sistemas naturales que mantienen la vida y el clima requiere la adopción de innovaciones, orientadas a producción responsable y a reducción de pérdida de biodiversidad. El objetivo del trabajo fue analizar el rol de las relaciones sociales en la adopción de innovaciones agrícolas en pequeños productores de maíz, en el marco de un proceso nacional de extensión. Se utilizaron datos pareados de 14 770 pequeños productores, de los años 2017 y 2018, de 15 entidades del centro y sur de México. La información se analizó mediante indicadores de redes sociales y un modelo logit. Los hallazgos muestran que la probabilidad ($P < 0.01$) de adopción de innovaciones de un año a otro aumenta si los productores desarrollan relaciones con actores mejor conectados en la red (cambio en radialidad), amplían el número de clientes y cuentan con mayor superficie sembrada. Los productores con mayor cambio en radialidad establecen patrones de adopción de innovaciones sostenibles que les permiten mantener o mejorar sus rendimientos, disminuyendo la degradación de tierras y la pérdida de la biodiversidad. Esto implica que los vínculos de aprendizaje tienen mayor importancia que otras variables como, edad o escolaridad del productor para promover cambios en los niveles de innovación. Es conveniente reconfigurar los modelos de extensión en el impulso de vínculos de aprendizaje y generación de capital social.

Palabras clave: Análisis de redes sociales, comunicación productiva, modelo logit, servicios de extensión, vínculos de aprendizaje.

ABSTRACT. Counteracting the confrontation between productive systems established by humans for food production and natural systems that sustain life and climate requires the adoption of innovations, aimed at responsible production and reduction of biodiversity loss. The objective of this work was to analyze the role of social relations in the adoption of agricultural innovations in small corn producers, within the framework of a national extension process. Paired data from 14 770 smallholders, from 2017 and 2018, from 15 entities in central and southern Mexico were used. The information was analyzed using social network indicators and a logit model. The findings show that the probability ($P < 0.01$) of adopting innovations from one year to the next increases if producers develop relationships with better connected actors in the network (change in radiality), expand the number of clients and have greater planted area. Producers with greater change in radiality establish patterns of adoption of sustainable innovations that allow them to maintain or improve their yields, decreasing land degradation and biodiversity loss. This implies that learning linkages are more important than other variables such as age or schooling of the farmer to promote changes in innovation levels. It is advisable to reconfigure extension models to promote learning linkages and the generation of social capital.

Key words: Social network analysis, productive communication, logit model, extension services, learning linkages.

INTRODUCCIÓN

El reto que enfrenta la agricultura a nivel global es producir alimentos de manera eficiente, sustentable y reduciendo la pérdida de biodiversidad para una población mundial estimada en 9 100 millones de personas en 2050 (Fielke *et al.* 2020, Rockström *et al.* 2020). La revolución tecnológica que está experimentando la agricultura actual representa un desafío para los pequeños productores que buscan aprovechar los beneficios a largo plazo (Klerkx y Rose 2020). Por lo tanto, el estudio de los procesos de adopción de innovaciones agrícolas es de gran importancia. El análisis de los factores que influyen en los niveles de conocimientos, actitudes y percepciones (CAP) de un pequeño productor al tomar la decisión de adoptar o rechazar una innovación agrícola es esencial para las entidades encargadas de promover el desarrollo agrícola. Lo que se manifiesta en las agendas de investigación agrícola (Faure *et al.* 2012, Klerkx 2020).

La toma de decisiones por parte de los productores para la adopción o mejora de una innovación agrícola ha sido abordada desde perspectivas teóricas, como el comportamiento planificado y la maximización de utilidades. El comportamiento planificado se sustenta en la teoría sociopsicológica de la acción razonada y supone que los valores y actitudes individuales son determinantes en la elección de una innovación en lugar de otra (Hansson *et al.* 2012). Por otro lado, la maximización de utilidades se basa en la teoría económica-evolucionista y supone que una innovación se adopta cuando la utilidad de adoptar la innovación supera los beneficios de no adoptarla o adoptar otra (Borges *et al.*, 2019).

La adopción de innovaciones agrícolas es un proceso complejo que está influenciado por diversos factores. Estos factores pueden agruparse en seis categorías: productor, unidad de producción, económicos, innovación, entorno político y entorno agrícola. Acerca de los factores relacionados con el productor y su unidad de producción Singh y Stout (2018) y Makate *et al.* (2019) destacan la importancia de variables como la aversión al riesgo, la edad, la escolaridad, la experiencia, el género,

la capacidad técnica, la ocupación, el tamaño del hogar y la disponibilidad de agua y mano de obra en la adopción de innovaciones agrícolas. Sobre los factores económicos Feleke y Zegeye (2006) y Cammarano *et al.* (2017) resaltan la importancia de variables como el acceso a crédito, los activos agrícolas y no agrícolas, la inversión y el capital de trabajo, la rentabilidad, el acceso a clientes y mercados. En cuanto al factor innovación en sí misma también es un factor clave; al respecto, Rogers (2003) y Noppers *et al.* (2015) enfatizan la importancia de variables como compatibilidad, complejidad, complementariedad, observabilidad, ventaja relativa y tipo (producto, proceso, mercadotecnia y organizativa).

Sobre el entorno político y agrícola Díaz-José *et al.* (2016) y Olum *et al.* (2019) destacan que algunas de las variables más frecuentes son la información disponible y el acceso influenciado por los recursos públicos o privados, la continuidad, el escalamiento del programa de extensión, la gestión de redes técnicas, sociales, comerciales y la disponibilidad de tecnologías de la información y comunicación. Mientras que, Rodríguez *et al.* (2009) resalta las variables de cultura social, entorno geográfico, disponibilidad tecnológica y seguridad social. En los estudios sobre la adopción de innovaciones en modelos tradicionales de extensión (Prokopy *et al.* 2008, Meijer *et al.* 2015, Liu *et al.* 2018) existe un vacío de conocimiento acerca del efecto de variables sociales en la adopción de innovaciones y de variables relacionadas con la estructura de las relaciones y los vínculos sociales. Además, los estudios que existen han analizado observaciones, menores a 1 000, y han dejado de lado indicadores como la radialidad y la integración, que brindan información sobre las relaciones directas e indirectas de un pequeño productor para el aprendizaje. Por lo que son escasos los estudios con muestras amplias y que analizan los cambios en los niveles de innovación en el tiempo. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar el rol de las relaciones sociales en la adopción de innovaciones agrícolas sostenibles en pequeños productores de maíz, dentro del marco de un programa nacional de extensión. Para ello, se plantearon las siguientes preguntas: ¿cómo fue

el proceso de adopción de innovaciones?, ¿cuáles fueron los factores que afectaron la adopción en el tiempo? y ¿qué papel jugaron las relaciones sociales en los procesos de adopción?

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de datos y variables analizadas

Este estudio se enfoca en pequeños productores de maíz de bajos ingresos. Estos productores tienen las características de obtener bajos rendimientos, menor superficie agrícola *per cápita* y están situados en 15 entidades federativas del centro y sur de México (Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán). Estas entidades han sido objeto de atención de la política pública de extensión agrícola, debido a que presentan mayores índices de marginación, dificultad de acceso a información y múltiples necesidades de soporte, para mejorar sus condiciones actuales.

Para la recolección de los datos, se aplicó una entrevista semiestructurada a 14 770 productores que participaron en un proceso nacional de extensión durante los años 2017 y 2018. El tamaño final de la muestra se basó en el criterio de selección de máxima variación Hernández *et al.* (2014). Se eligió esta muestra de productores porque, por un lado, proporcionan similitud en el contexto: fueron pequeños productores de maíz con superficies cultivadas menores a 5 ha y recibieron asistencia técnica; por otro lado, permiten tener una variación: tuvieron diferentes niveles de adopción de innovaciones, rendimientos y asociación.

La principal pregunta de la entrevista semiestructurada fue ¿De quién(es) aprendió las innovaciones que realiza en su unidad de producción? Adicionalmente, se obtuvo información de variables relacionadas con las características socioeconómicas de los productores y la estructura de sus unidades de producción (Tabla 1). Se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los entrevistados utilizando el consentimiento de humano informado de forma oral.

Para el análisis de información en el tiempo. Se calcularon cambios en las variables Índice de Adopción de Innovaciones (InAI), integración, radialidad, rendimientos, autoconsumo y clientes, del 2017 al 2018, con la siguiente fórmula:

$$CV_i = (V_i^{2018} - V_i^{2017})$$

Donde: CV_i es el cambio en la variable i, V_i²⁰¹⁸ y V_i²⁰¹⁷ son valores que toma la variable i en 2018 y 2017, respectivamente.

Los productores se agruparon en adoptantes cuando tuvieron cambios en su InAI mayores o iguales que cero, lo que indicó que mantuvieron o aumentaron su nivel de adopción de innovaciones en el año 2018 comparado con el 2017 (81.2% de los productores cumplieron esta condición). Mientras que, los productores no adoptantes tuvieron cambios en su InAI menores que cero (18.8% de los productores cumplieron esta condición), lo que indica que disminuyeron su nivel de adopción en el mismo periodo. Las innovaciones analizadas se definieron con ayuda de los extensionistas. Algunas innovaciones varían dependiendo del estado. No obstante, las innovaciones dentro de un mismo estado de un año a otro no cambiaron.

Para el cálculo del InAI se consideraron 27 innovaciones, de las cuales 15 fueron innovaciones sustentables (con asterisco) alineadas a una producción responsable, conservación de la biodiversidad y el suelo: análisis foliar, análisis suelo*, biofertilizantes*, bioinsecticidas*, cal micronizada*, camas permanentes*, composta*, criollos mejorados*, cultivos de cobertura*, desvare, feromonas, fertilización (NPK), maíz híbrido MasAgro (semilla de maíz híbrido de la red de semilleros de MasAgro), insectos benéficos*, maíz mejorado MasAgro, mejoradores de suelo (cal agrícola y/o cal dolomítica y/o humus de lombriz y/o humus líquido)*, micorrizas y azospirillum*, micronutrientes, monitoreo plagas*, nivelación de suelos, poscosecha (uso de bolsa plástica y/o silo metálico y/o lona de PVC flexible), rastra, cobertura de suelo con rastrojo*, semillas mejoradas diversas (semilla mejorada de frijol y/o semilla de avena y/o mezclas de avena más ebo y/o girasol y/o chíá y/o linaza y/o ajonjolí y/o calabaza)*, siembra directa

Tabla 1. Variables analizadas.

Variabes	Unidad	Definición
InAI	%	El InAI (Índice de Adopción de Innovaciones) representa el porcentaje de innovaciones adoptadas por un productor, con relación al número total de innovaciones promovidas por el programa de extensión, a través del extensionista. Se cálculo de la siguiente manera (Aguirre-López et al. 2020): $InAI_i = \frac{\sum_{j=1}^n innov_{i,j}}{n}$ Donde: $innov_{i,j}$ = adopción de la innovación j por el productor i; n = número de innovaciones promovidas por el programa de extensión en el estado.
Acceso a información	%	La integración es un indicador de nodo empleado en el análisis de redes sociales que mide las relaciones recibidas por un actor. Su cálculo se basa en los grados de entrada y considera vínculos indirectos (Valente y Foreman 1998). Un productor con alto nivel de integración provee más conocimiento a su red, dado que es más consultado por otros productores.
Radialidad	%	La radialidad es el grado en que los lazos de un nodo llegan a la red y le brindan muchos caminos novedosos de información. Su cálculo se basa en los grados de salida y considera los vínculos indirectos (Valente y Foreman 1998, Costenbader y Valente 2003). Un productor con alto nivel de radialidad busca más conocimiento en su red, dado que tiene mayor disposición a preguntar a diversos actores. Así la disposición a preguntar se puede medir a través del cambio en radialidad.
Productor		
Edad	Años	Número de años del productor.
Escolaridad	Años	Número de años de educación formal de un productor.
Unidad de producción		
Superficie	Ha	Número de hectáreas sembradas con maíz para grano por el productor.
Rendimientos	t/ha	El rendimiento es el número de toneladas de maíz grano que cosechó el productor.
Autoconsumo	%	El autoconsumo es el porcentaje de maíz grano con respecto al rendimiento total, que un productor destina para su consumo.
Comercialización		
Clientes	Número	Los clientes son el número de compradores de maíz grano reportados por un productor.

(sembradora de precisión)*, subsoleo, tratamiento para semillas.

Métodos de análisis de datos

Para explicar el fenómeno de adopción de innovaciones. Primero, se analizaron los patrones en las innovaciones adoptadas, sus niveles de adopción y los perfiles de los productores. Para luego analizar los factores que influyeron en el aprendizaje de innovaciones en el tiempo y se exploraron las fuentes de información.

Para analizar los patrones de innovaciones adoptadas por los productores, se construyeron redes de aprendizaje mediante matrices de afiliación. La matriz de afiliación se denota por $A = a_{ik}$ representa la afiliación de los productores con las innovaciones (Wasserman y Faust 1994, Faust 1997). El elemento A toma el valor uno, si el productor i adopta la innovación k, y toma el valor cero en caso contrario. Así, la cantidad de innovaciones que realiza un productor está dada por la suma de cada fila, mientras que el número de productores que adopta una innovación está dado por la suma de cada columna. Los

actores y las innovaciones también se pueden representar de forma independiente como una red modo uno.

Para construir la red de actores, se empleó la matriz dada por X^N que indica el número de relaciones compartidas por cada par de actores. Posteriormente, se construyó una matriz de adyacencia a partir de X^N de tamaño $n \times n$. Un elemento de X^N es notado por X_{ik}^N con $i, k \in N$. X_{ik}^N toma el valor uno, si i y k tienen al menos una innovación en común y toma el valor de cero, si $i \neq k$.

Si dos productores comparten dos innovaciones diferentes, se puede establecer el valor del coeficiente $X_{ik}^N = 2$ y la matriz de valores es: $X_V^N = A \times A^T$. Donde A es la matriz de afiliación y A^T es la matriz transpuesta. Los valores en la diagonal de X_V^N representan el número de innovaciones adoptadas por cada productor. Para construir la red de innovaciones se empleó el mismo método. Se creó un mapa de calor con la red de innovaciones y el coeficiente de Q Yule's, que sirve para observar la similitud que hay entre los patrones emergentes de adopción de innovaciones en los productores (Lewis-

Beck *et al.* 2004). Para comprender las diferencias en el perfil de los productores adoptantes y no adoptantes en las variables de escolaridad, edad, superficie sembrada, cambio en rendimientos, cambio en autoconsumo, cambio en número de clientes, cambio en radialidad y cambio en integración, se realizó una prueba t-Student pareada con una probabilidad de error menor a 0.01.

Para analizar los factores que influyeron en el aprendizaje de innovaciones en el tiempo y los cambios en radialidad según la entidad federativa, se elaboró un diagrama de violín. Donde solo se consideró el indicador de radialidad, porque resultó significativo entre los productores adoptantes y no adoptantes. Con el fin de examinar la probabilidad de que los productores mantengan o aumenten sus niveles de innovación de un año a otro, se especificó un modelo logit (Gujarati y Porter 2014, Suvedi *et al.* 2017) bajo el siguiente criterio:

$$L = \ln \left(\frac{P_i}{1 - P_i} \right) = \sum \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i$$

Donde: L = logaritmo de la razón de probabilidades; ln = logaritmo natural; $\left(\frac{P_i}{1 - P_i} \right)$ = razón de probabilidades de que un productor tenga cambios en el lnAI mayores o iguales que cero del 2017 a 2018, respecto a las probabilidades que tengan cambios en el lnAI menores que cero para el mismo periodo; β_j = son los parámetros por estimar; X_{ij} = conjunto de variables explicativas; ε_i = término error. Se especificó el siguiente modelo:

$$\Delta \text{Adopción de innovaciones} = \beta_0 + \beta_1(\text{SCHO}) + \beta_2(\text{AGE}) + \beta_3(\text{AREA}) + \beta_4(\Delta\text{YIE}) + \beta_5(\Delta\text{CON}) + \beta_6(\Delta\text{CLI}) + \beta_7(\text{RAD}) + \beta_8(\Delta\text{INT}) + \varepsilon_i$$

Donde: “Δ Adopción de innovaciones” es la variable dicotómica = L; Δ = CV_i = cambio en la variable; SCHO son los años de escolaridad del productor; AGE es la edad del productor; AREA es la superficie sembrada; YIE rendimiento maíz grano; CON autoconsumo; CLI número de clientes; RAD radialidad; INT integración. Para validar la robustez del modelo los datos se dividieron en dos partes de

forma aleatoria. El primero con el 70% de los datos (10 339 observaciones) denominado conjunto de entrenamiento que se empleó para construir el modelo; y el segundo con el 30% de los datos (4 431 observaciones) denominado conjunto de validación, el cual fue utilizado para validar el modelo.

Sobre las fuentes de información para la adopción de innovaciones se analizaron a partir de la matriz de afiliación y diagrama de cuerdas basados en la especialización de las innovaciones. La especialización de las innovaciones con base en el nivel de complejidad fue genérica y especializada. El análisis y la visualización se realizaron a través de los softwares Ucinet versión 6.365 y RStudio versión 4.0 (paquete Circlize y paquete Igraph).

RESULTADOS

Patrones de adopción de innovaciones y perfil de productores

La adopción de innovaciones en los pequeños productores sigue patrones de asociación positivos y negativos. Prueba de ello son los patrones representados con el indicador Q de Yule's (Figura 1a). Una asociación positiva (Q Yule's ≈ +1, Azul) es, cuando un productor incorpora rastrojo al suelo y combina esta innovación con el uso de cal micronizada, la aplicación de bioinsecticidas y/o el uso de insectos benéficos. Mientras que, una asociación negativa (Q Yule's ≈ -1, Rojo) es cuando un productor da tratamiento a la semilla y no combina esta innovación con la incorporación de rastrojo al suelo, la aplicación de biofertilizantes o el monitoreo de plagas. Una mayor adopción no implica mayor asociación de las innovaciones. Esto se observa cuando se contrastan los patrones de adopción con la tasa de adopción de innovaciones (Figura 1b), como la fertilización (NPK). A diferencia de innovaciones sustentables como incorporación de rastrojo al suelo o aplicación de biofertilizantes que no son las más adoptadas, pero tienen una asociación muy marcada con otras innovaciones sustentables.

El perfil de los productores adoptantes está relacionado con actores que tienen alto número de vínculos (cambio en radialidad), disponen de más

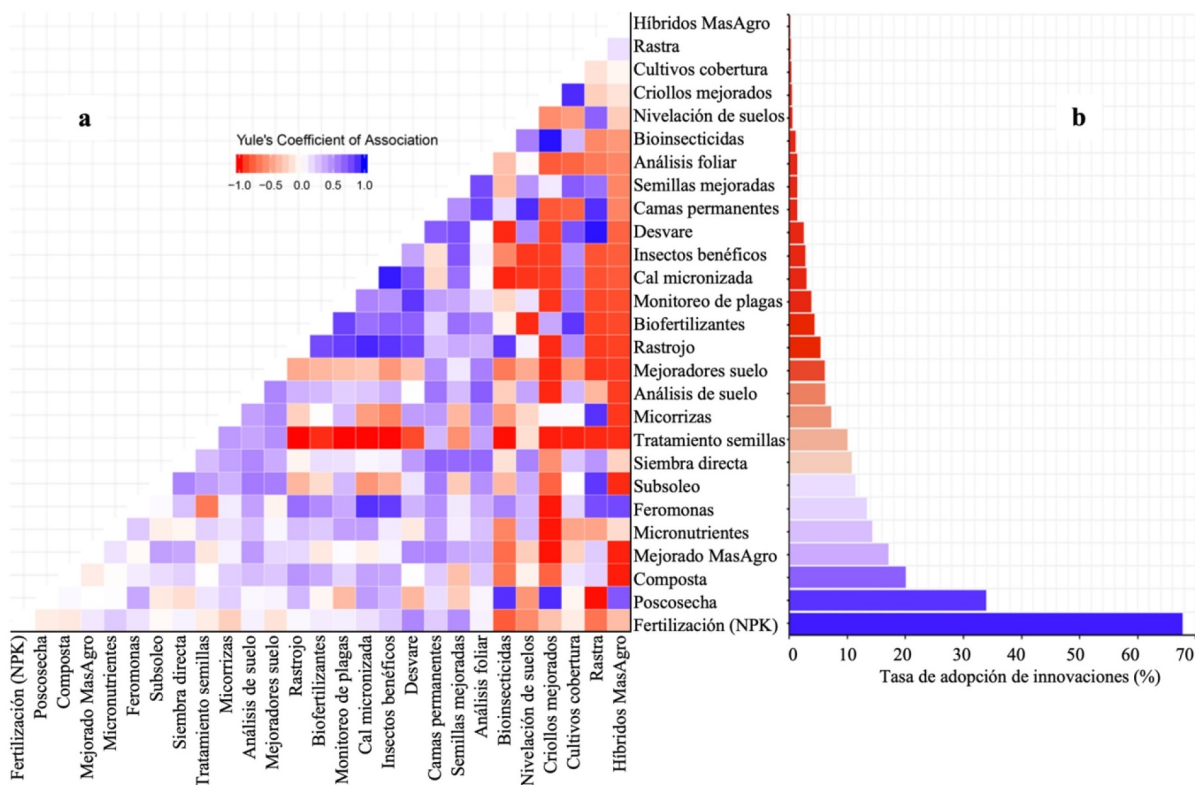


Figura 1. Patrones de adopción de innovaciones. a) mapa de calor del indicador de correlación Q de Yule's que muestra como cada práctica se adopta una asociada a la otra, desde +1 (positivo - azul) a -1 (negativo - rojo), b) gráfico de barras que muestra las tasas de adopción de innovaciones.

clientes para vender, tienen más superficie sembrada, mantienen sus rendimientos y destinan menos de su producción para autoconsumo. Como se muestra en las diferencias significativas ($P < 0.01$) entre productores adoptantes y no adoptantes de un año a otro (Tabla 2). En complemento, no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la escolaridad, la edad y la disposición del productor para enseñar a otros productores (cambio en integración).

Redes equilibradas, diversidad de relaciones y mercado

La capacidad de un productor para vincularse con actores mejores conectados no está relacionada con la entidad federativa. Dado que los productores adoptantes tienen mayor radialidad que los no adoptantes en todos los entornos (Figura 2). Se encontró heterogeneidad en los niveles de adopción de innovaciones entre entornos, lo que se observa

en los diagramas de violines. Los productores que mantienen sus vínculos sociales de un año a otro aumentan sus niveles de innovación. Esto se refleja en la relación que guardan los adoptantes con los cambios positivos en radialidad (línea azul, círculo). Por el contrario, los no adoptantes presentaron cambios negativos en sus niveles de radialidad (línea naranja, triángulo).

La probabilidad ($P \leq 0.01$) de que un pequeño productor mantenga o aumente sus niveles de innovación de un año a otro, se explica por el aumento en radialidad, el aumento en el número de clientes, la superficie sembrada y el nivel de escolaridad (Tabla 3). El aumento del cambio en radialidad en 0.01 unidades de un año a otro aumenta los odd ratios de cambio positivo en la adopción de innovaciones en 6.02 veces. También, el aumento de un cliente de un año a otro aumenta los odd ratios de cambios positivos en la adopción de innovaciones en 1.39 veces.

Tabla 2. Perfil de productores adoptantes y no adoptantes.

Variable (Unidad de medida)	Medias adoptantes	Medias no adoptantes
Escolaridad (años)	4.38 ^a ± 3.43	4.51 ^a ± 3.36
Edad (años)	62.78 ^a ± 12.96	62.84 ^a ± 12.87
Superficie (ha)	2.08 ^a ± 1.70	1.83 ^b ± 1.28
Cambio en rendimientos (t/ha)	-0.03 ^a ± 1.73	-0.13 ^b ± 1.54
Cambio en autoconsumo (%)	0.51 ^a ± 34.25	3.75 ^b ± 32.80
Cambio en número de clientes (clientes)	0.17 ^a ± 0.71	-0.02 ^b ± 0.57
Cambio en radialidad (%)	0.0251 ^a ± 0.055	0.0028 ^b ± 0.069
Cambio en integración (%)	0.0013 ^a ± 0.076	0.0004 ^a ± 0.017

a y b = letras distintas para medias de productores adoptantes y no adoptantes indican diferencias estadísticas significativas (t-Student pareada, 0.01), ± = desviación estándar.

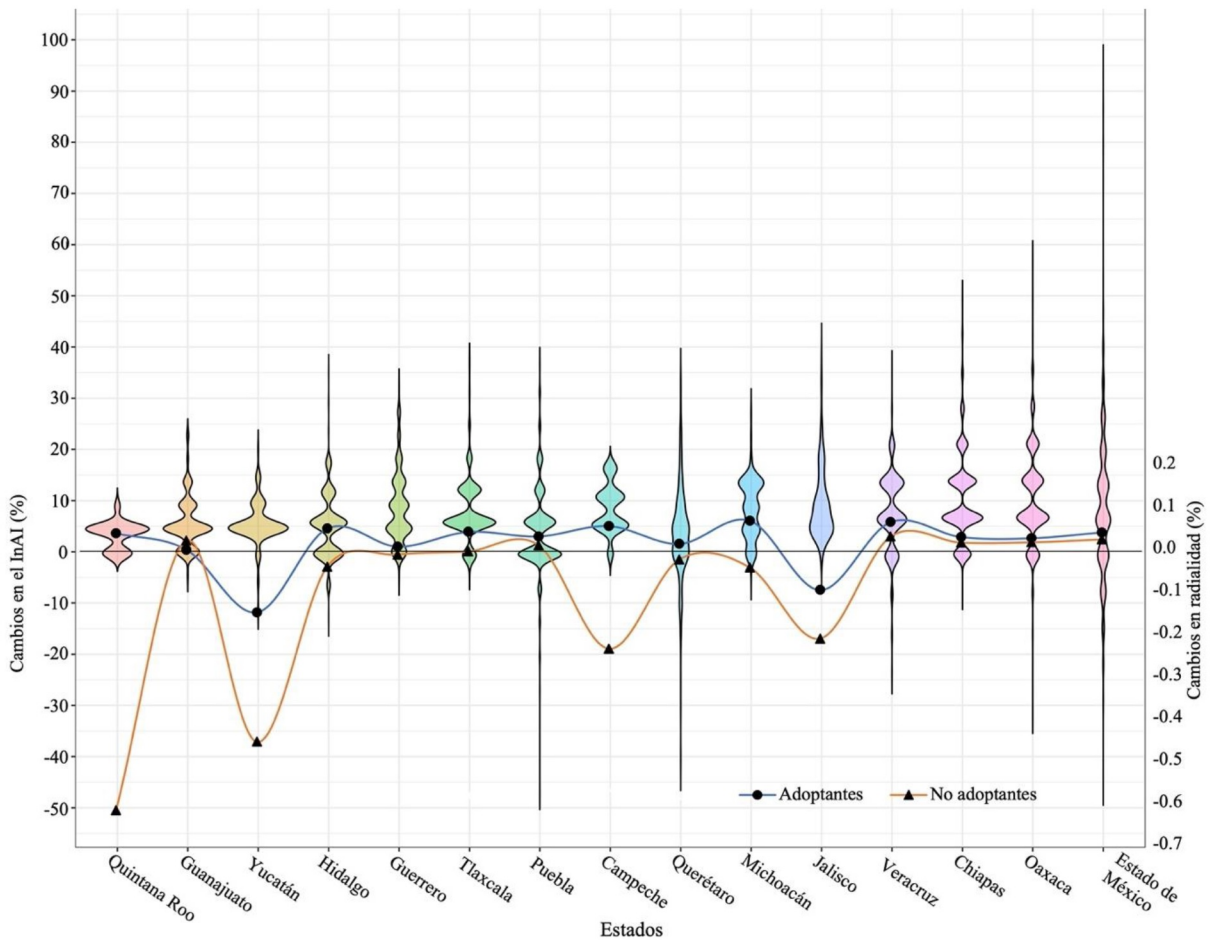


Figura 2. Relación entre innovación y radialidad. Los diagramas de violines se presentan ordenados de izquierda a derecha del menor al mayor promedio de cambios positivos en su InAI. El gráfico de líneas muestra los cambios porcentuales del indicador de radialidad para el mismo periodo.

Así, el aumento de una hectárea en la superficie sembrada aumenta los odd ratios de la adopción innovaciones en 1.11 veces de un año a otro. Lo anterior, si el resto de las variables se mantienen constantes. Por otra parte, el aumento de un año de escolaridad

disminuiría los odd ratios de cambios positivos en la adopción de innovaciones en 1.02 veces menos. Por otro lado, las variables como la edad, el cambio en rendimientos, el cambio en autoconsumo y el cambio en integración no son significativas ($P > 0.05$) en las

Tabla 3. Parámetros para estimar la probabilidad de adopción de innovaciones.

Variable	Coefficientes	Z-Valor	Odd ratios
Escolaridad	-0.023 ± 0.008	-2.712	0.978**
Edad	-0.004 ± 0.002	-1.797	0.996 ^{ns}
Superficie	0.110 ± 0.02	5.362	1.116***
Cambio en rendimientos	0.014 ± 0.016	0.896	1.014 ^{ns}
Cambio en autoconsumo	-0.003 ± 0.001	-0.416	1.000 ^{ns}
Cambio en número de clientes	0.329 ± 0.041	8.035	1.390***
Cambio en radialidad	6.401 ± 0.443	14.445	602.629***
Cambio en integración	-0.124 ± 0.117	-1.054	0.884 ^{ns}
Constante	1.447 ± 0.166	8.732	4.251***

El modelo de regresión logística tuvo un poder predictivo del 80.91%. ± = desviación estándar. Códigos de significancia: ****0.01 ***0.05.

decisiones que toma un productor para adoptar innovaciones de un año a otro.

Se encontró que se aprenden diferentes innovaciones de diferentes actores, la importancia de los actores cambia según el tipo de innovaciones. Los productores consultan diferentes fuentes de información [extensionistas (35%), productores (23%), proveedores (21%) e instituciones de gobierno (14%)] para fortalecer su brecha CAP (Figura 3). Los productores son sujetos activos en las redes, deciden las innovaciones que adoptan y los actores que consultan.

DISCUSIÓN

La superficie sembrada y la adopción de innovaciones tienen relación positiva. Mientras que algunos autores coinciden con estos resultados (Wu 2022), otros no encontraron la superficie como una limitante (Obiero *et al.* 2019). Sin embargo, en el contexto de países en desarrollo como el caso de México, existe una relación directa entre el tamaño de la finca y el posible nivel de capitalización, debido a que los agricultores con mayor superficie cuentan con un nivel de capitalización más alto que les permite invertir en conocimientos, tecnología y por tanto están más propensos a la innovación. Al respecto, Makate *et al.* (2019) indican como la capitalización de las fincas se relaciona con el nivel de adopción de innovaciones, otros estudios han encontrado relación directa entre la innovación y el tamaño de la finca en combinación con otras variables como acceso a conocimientos, acceso a mercados, disponibilidad de

mano de obra y rendimientos del cultivo (Priegnitz *et al.* 2019). La superficie sembrada es una variable que ha sido ampliamente estudiada en relación con la adopción de innovaciones en la agricultura. Sin embargo, esta variable no es suficiente para explicar la adopción de innovaciones. Otras variables como el acceso a mercados también desempeñan un papel importante.

El número de clientes y la adopción de innovaciones también tienen una relación positiva. Los resultados de investigaciones recientes han encontrado una relación positiva entre ambas variables (Fuetsch 2022). Esta relación se explica por la relación entre el número de clientes y el acceso a mercado. Los agricultores con mayor acceso a mercado tienen mayor certeza de comercialización, mejores ingresos y por tanto adoptan innovaciones que demanda el mercado (Ullah *et al.* 2022). Los agricultores que tienen una variedad de clientes tienen mayor probabilidad de estar expuestos a nuevas ideas e innovaciones. En este sentido, las relaciones sociales también influyen en la adopción de innovaciones.

La diversidad de relaciones sociales es un factor importante que puede influir en la adopción de innovaciones agrícolas. Las relaciones sociales pueden proporcionar a los agricultores información, apoyo y recursos que pueden facilitar la adopción de innovaciones. Estudios han encontrado que las relaciones sociales pueden proporcionar a los agricultores información sobre nuevas tecnologías y prácticas agrícolas (Ma y Yang 2023), también pueden proporcionar apoyo de otros agricultores que han adoptado innovaciones, y también pueden proporcionar recursos financieros o materiales que pueden ser

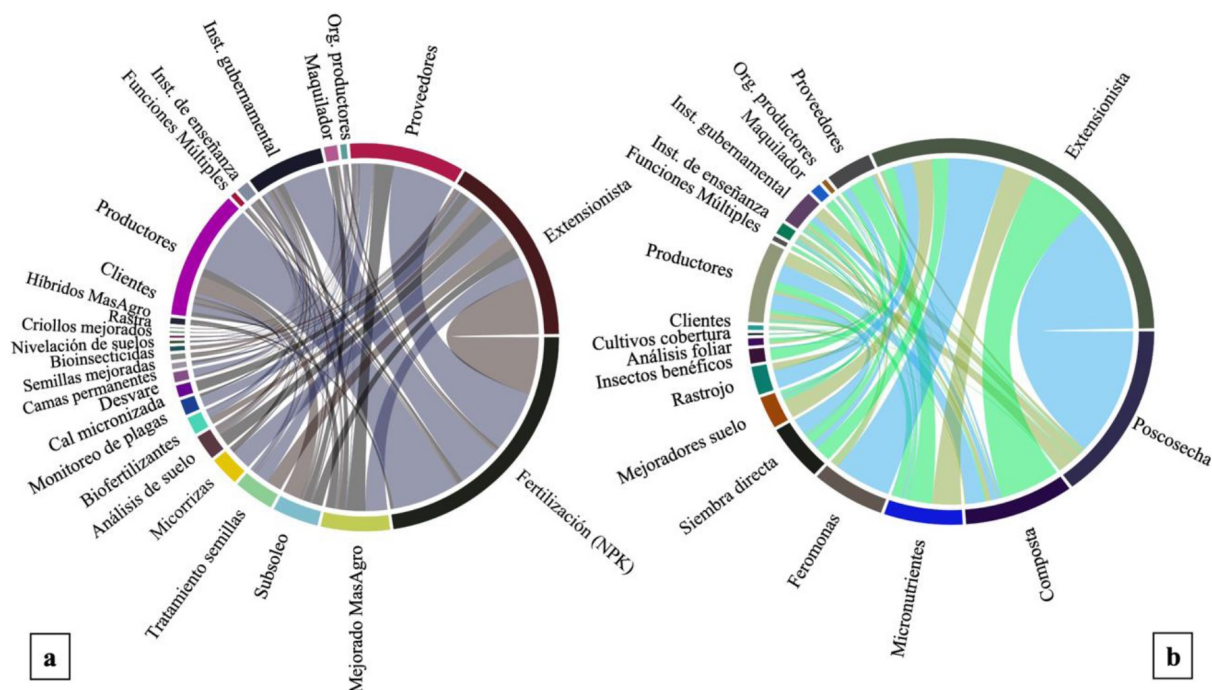


Figura 3. Fuentes de información por tipo de innovación. a) Innovaciones genéricas, b) Innovaciones especializadas. Las mitades superiores de los diagramas de cuerdas representan a los actores, las mitades inferiores representan las innovaciones.

necesarios para adoptar innovaciones (Ullah *et al.* 2022). Sin embargo, no es suficiente tener un elevado número de vínculos en la red. Es necesario que los vínculos que establecen los productores de un año a otro sean con actores diversos y bien conectados en la red. Esto se debe a que las relaciones con actores diversos pueden proporcionar a los agricultores una gama más amplia de información y perspectivas (Camacho-Villa *et al.* 2023). Entonces, las relaciones con actores bien conectados en la red facilitan el acceso a recursos y oportunidades que mejoran la adopción de la innovación.

Los productores con mayor superficie sembrada, mayor vinculación con el mercado, mayor número de relaciones sociales centradas en relaciones con pares, técnicos, instituciones, proveedores y consumidores son más propensos a adoptar innovaciones agrícolas. Sin embargo, para los productores con menor superficie sembrada, no vinculados al mercado y con pocas relaciones sociales centradas en pares, se pueden proponer estrategias que fomenten el acceso a recursos, capacitación y asistencia técnica y fortalecimiento de las relaciones

sociales. Al respecto Ogundari (2022) indica como los productores que acceden a recursos financieros, materiales y de conocimiento a través de programas gubernamentales, organizaciones de productores y otros actores tienen impactos positivos en su productividad; también los productores pueden participar en actividades que les permitan establecer relaciones con otros agricultores, agentes de cambio y otros actores relevantes (Camacho-Villa *et al.* 2023, Ullah *et al.* 2022). Estas estrategias pueden ayudar a los productores a superar las barreras que les impiden adoptar innovaciones.

CONCLUSIONES

Los vínculos sociales que establece y gestiona un pequeño productor son un elemento importante para aumentar la adopción de innovaciones agrícolas en el tiempo. Las variables como edad y escolaridad están limitadas para explicar la adopción de innovaciones, porque solo funcionan en contextos concretos. Las relaciones sociales diversas medidas por

el indicador de radialidad juega un papel importante en el aumento del InAI. Actores como el gobierno, el sector privado, las instituciones y consumidores juegan roles importantes en la difusión de innovaciones, por lo que ningún productor innova más de lo que sus relaciones le permiten. Un análisis con este enfoque permite identificar necesidades de innovación y en función de esto, quienes diseñen, implementen o evalúen programas de extensión podrían emplear métodos que orienten mejor los procesos de adopción de innovaciones para que los productores accedan a mayor y mejor conocimiento.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Información detallada sobre los insumos uti-

lizados en este estudio, como la base de datos, los códigos en RStudio, la encuesta semiestructurada, los cuadros, las figuras y el material complementario, se puede consultar el repositorio en línea disponible en: <https://github.com/Juan-Salva/innovation-social-links>.

AGRADECIMIENTOS

A los productores que proporcionaron sus datos para el análisis a través de la Universidad Autónoma Chapingo y al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. También, se agradece el apoyo al Programa Investigadoras e Investigadores COMECYT EDOMÉX. Folio: CAT2022-0086.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-López JM, Díaz-José J, Chaloupková P, Guevara-Hernández F (2020) Unraveling innovation networks in conservation agriculture using social network analysis. In: Ragozini G, Vitale MP (eds) Challenges in social network research. Methods and applications. Springer International Publishing. Cham, Switzerland. pp: 133-148.
- Borges JAR, Lansink AGJMO, Emvalomatis G (2019) Adoption of innovation in agriculture: a critical review of economic and psychological models. *International Journal of Innovation and Sustainable Development* 13: 36-56.
- Camacho-Villa TC, Zepeda-Villarreal EA, Díaz-José J, Rendon-Medel R, Govaerts B (2023) The contribution of strong and weak ties to resilience: the case of small-scale maize farming systems in Mexico. *Agricultural Systems* 210: 103716.
- Cammarano A, Caputo M, Lamberti E, Michelino F (2017) R&D Collaboration strategies for innovation: An empirical study through social network analysis. *International Journal of Innovation and Technology Management* 14: 1740001. DOI: 10.1142/S0219877017400016.
- Costenbader E, Valente TW (2003) The stability of centrality measures when networks are sampled. *Social Networks* 25: 283-307.
- Díaz-José J, Rendón-Medel R, Govaerts B, Aguilar-Ávila J, Muñoz-Rodríguez M (2016) Innovation diffusion in conservation agriculture: A network approach. *The European Journal of Development Research* 28: 314-329.
- Faure G, Desjeux Y, Gasselín P (2012) New challenges in agricultural advisory services from a research perspective: A literature review, synthesis and research agenda. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 18: 461-492.
- Faust K (1997) Centrality in affiliation networks. *Social Networks* 19: 157-191.
- Feleke S, Zegeye T (2006) Adoption of improved maize varieties in Southern Ethiopia: Factors and strategy options. *Food Policy* 31: 442-457.

- Fielke S, Taylor B, Jakku E (2020) Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review. *Agricultural Systems* 180: 102763. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.102763.
- Fuetsch E (2022) Innovation in family farms: the roles of the market, the family, and farm performance. *Journal of Small Business Strategy* 32: 83-103.
- Gujarati DN, Porter DC (2014) *Econometría*. Quinta Edición. Mc Graw Hill. México. 921p.
- Hansson H, Ferguson R, Olofsson C (2012) Psychological constructs underlying farmers' decisions to diversify or specialise their businesses - An application of theory of planned behaviour. *Journal of Agricultural Economics* 63: 465-482.
- Hernández R, Fernández C, Baptista L (2014) *Metodología de la investigación*. Sexta Edición. Mc Graw Hill Education. México. 604p.
- Klerkx L (2020) Advisory services and transformation, plurality and disruption of agriculture and food systems: towards a new research agenda for agricultural education and extension studies. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 26: 131-140.
- Klerkx L, Rose D (2020) Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security* 24: 100347. DOI: 10.1016/j.gfs.2019.100347.
- Lewis-Beck M, Bryman A, Futing-Liao T (2004) *The SAGE encyclopedia of social science research methods*. Vol. 1. Sage Publications, Inc. Thousand Oaks, USA. 1305p.
- Liu T, Bruins R, Heberling M (2018) Factors influencing farmers' adoption of best management practices: a review and synthesis. *Sustainability* 10: 432. DOI: 10.3390/su10020432.
- Ma R, Yang S (2023) The effect of social network on controlled-release fertilizer use: evidence from rice large-scale farmers in Jiangsu Province, China. *Sustainability* 15: 2982. DOI: 10.3390/su15042982
- Makate C, Makate M, Mango N, Siziba S (2019) Increasing resilience of smallholder farmers to climate change through multiple adoption of proven climate-smart agriculture innovations. Lessons from Southern Africa. *Journal of Environmental Management* 231: 858-868.
- Meijer SS, Catacutan D, Ajayi OC, Sileshi GW, Nieuwenhuis M (2015) The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability* 13: 40-54.
- Noppers EH, Keizer K, Bockarjova M, Steg L (2015) The adoption of sustainable innovations: the role of instrumental, environmental, and symbolic attributes for earlier and later adopters. *Journal of Environmental Psychology* 44: 74-84.
- Obiero KO, Waidbacher H, Nyawanda BO, Munguti JM, Manyala JO, Kaunda-Arara B (2019) Predicting uptake of aquaculture technologies among smallholder fish farmers in Kenya. *Aquaculture International* 27: 1689-1707.
- Olum S, Gellynck X, Juvinal J, Ongeng D, De-Steur H (2019) Farmers' adoption of agricultural innovations: a systematic review on willingness to pay studies. *Outlook on Agriculture* 49: 1-17.
- Ogundari K (2022) A meta-analysis of the impact of agricultural extension services. *China Agricultural Economic Review* 14: 221-241.
- Priegnitz U, Lommen WJM, Onakuse S, Struik PC (2019) A farm typology for adoption of innovations in potato production in southwestern Uganda. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3: 1-15. DOI: 10.3389/fsufs.2019.00068.

- Prokopy LS, Floress K, Klotthor-Weinkauff D, Baumgart-Getz A (2008) Determinants of agricultural best management practice adoption: evidence from the literature. *Journal of Soil and Water Conservation* 63: 300-311.
- Rockström J, Edenhofer O, Gaertner J, DeClerck F (2020) Planet-proofing the global food system. *Nature Food* 1: 3-5. DOI: 10.1038/s43016-019-0010-4.
- Rodríguez L, La O M, Fonseca M, Guevara F, Hernández A, Jiménez M (2009). Extensionismo o innovación como proceso de aprendizaje social y colectivo ¿Dónde está el dilema?. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43: 387-394.
- Rogers EM (2003) *Diffusion of innovations (Fifth)*. Division of Simon & Schuster, Inc. New York, USA. 665p.
- Singh NP, Stout BD (2018) Knowledge flow, innovative capabilities, and business success: performance of the relationship between small world networks to promote innovation. *International Journal of Innovation Management* 22: 1850014. DOI: 10.1142/S1363919618500147.
- Suvedi M, Ghimire R, Kaplowitz M (2017) Farmers' participation in extension programs and technology adoption in rural Nepal: a logistic regression analysis. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 23: 351-371.
- Ullah A, Saqib SE, Kächele H (2022) Determinants of farmers' awareness and adoption of extension recommended wheat varieties in the rainfed areas of Pakistan. *Sustainability* 14: 3194. DOI: 10.3390/su14063194.
- Valente TW, Foreman RK (1998) Integration and radiality: measuring the extent of an individual's connectedness and reachability in a network. *Social Networks* 20: 89-105. DOI: 10.1016/S0378-8733(97)00007-5
- Wasserman S, Faust K (1994) *Social network analysis: methods and applications*. Vol. 8. Cambridge University Press. New York, USA. 825p.
- Wu F (2022) Adoption and income effects of new agricultural technology on family farms in China. *PLOS ONE* 17: e0267101. DOI: 10.1371/journal.pone.0267101.