Cienc. Tecnol. Agropecuaria, *22*(1): e1201 ISSN: 0122-8706 ISSNe: 2500-5308
DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1201

Economía y desarrollo rural

Artículo de investigación científica y tecnológica

Extensión agrícola para la promoción de la innovación y la rentabilidad de los citricultores en México

Gustavo Almaguer Vargas[1], Alma Velia Ayala Garay[2*], Evelia Oble Vergara[3], Arturo Flores-Trejo[1]

[1]Universidad Autónoma Chapingo (UACh). Estado de México, México.

[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Estado de México, México.

[3]Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CEVAMEX. Km. 18.5 Carretera Los Reyes Lechería. C.P. 56230, Texcoco, México. ayala.alma@inifap.gob.mx

Editor temático: John Fredy Hernández Nopsa (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Recibido: 21 de noviembre de 2018

Aceptado: 04 de agosto de 2020

Publicado: 25 de febrero de 2021

Para citar este artículo: Almaguer Vargas, G., Ayala Garay, A. V., Oble Vergara, E. & Flores-Trejo, A. (2021). Extensión agrícola para la promoción de la innovación y la rentabilidad de los citricultores en México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *22*(1), e1201. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1201

Resumen

El citricultor presenta una adopción baja de innovaciones, lo que contribuye a que sus ingresos y rentabilidad sean menores. El objetivo del presente estudio fue aplicar técnicas de capacitación y extensión andragógicas a un universo de 150 citricultores de cinco comunidades de Veracruz, México, para que mejoraran la adopción de innovaciones sociales y tecnológicas, su ingreso y su rentabilidad. El porcentaje de adopción de innovaciones (PAI) se calculó mediante la siguiente ecuación: PAI = $n/N \times 100$, donde n fue el número de innovaciones adoptadas por el productor y N el número total de innovaciones disponibles en el paquete tecnológico. En el 2012 se aplicaron dos encuestas iniciales: la social y la tecnológica, que revelaron que había una desarticulación significativa en las redes de innovación, sobre todo en las relaciones profundas, y poco uso de innovaciones tecnológicas. Después de la capacitación y extensión andragógicas, se logró una mayor articulación, que se reflejó en enlaces más numerosos y sólidos, más nodos y mayor densidad, en especial en el nivel de confianza, lo que contribuyó a consolidar las redes sociales para el 2014. La categoría tecnológica más adoptada fue el manejo de la fertilización. Con la finalidad de cuantificar la permanencia de la adopción de innovaciones, se aplicó una encuesta en 2016. Se concluye que la intervención social y tecnológica, implementada con capacitación y extensionismo andragógicos, permitió mejorar el rendimiento de las huertas en más del 50 %, aumentar los ingresos de los productores de cítricos 4,5 veces más y consolidar grupos de trabajo y la permanencia de las innovaciones.

Palabras clave: adopción de innovaciones, capacitación, experimentación en campo, extensionismo agrícola, granja familiar

Agricultural extension for promoting citrus fruit growers' innovation and profitability in Mexico

Abstract

The citrus fruit grower has hardly adopted innovations, resulting in reduced income and profitability. This study aims to apply andragogic training and extension techniques to a group of 150 citrus fruit growers from five different communities in Veracruz, Mexico, to improve the adoption of social and technological innovations, their income, and profitability. The percentage of adoption of innovations (PAI) was calculated using the equation: PAI = $n/N \times 100$, where n was the number of innovations adopted by the grower and N the total number of innovations available in the technological package. Two previous surveys, social and technological, were conducted in 2012 and revealed a significant lack of coordination in innovation networks, mainly in deep relationships, and little use of technological innovations. After the andragogic training and extension, better coordination was achieved, reflected in numerous and robust links, more nodes, and higher density, especially at the level of trust, contributing to consolidating social networks for 2014. The most adopted technological category was fertilization management. A survey was conducted in 2016 to quantify the permanence of the adoption of innovations. We conclude that social and technological intervention through andragogic training and extension improved the yield of orchards by more than 50 %, increased the income of citrus fruit growers 4.5 times, and consolidated workgroups and the permanence of innovations.

Keywords: agricultural extension, family farming, field experimentation, innovation adoption, training

Introducción

La producción de naranja mexicana ha presentado rendimientos anuales promedio bajos (13,06 t/ha) entre 2007 y 2016 (Peña, 2017). En Albania, Ghana y Sudáfrica, el rendimiento medio de la naranja en el periodo 2016-2018 fue de 45 t/ha para Albania y de 45 t/ha para Ghana y Sudáfrica, mientras que en México fue de 14 t/ha (Food and Agriculture Organization [FAO], 2020). Almaguer y Ayala (2014) consideraron que los bajos rendimientos de cítricos en México podrían deberse al bajo número de innovaciones que adoptan los citricultores (15 % de todas las innovaciones en promedio). Además, Díaz et al. (2013), Muñoz et al. (2007), Sánchez et al. (2013) y Zarazúa et al. (2012) indicaron que se requiere extensión para mejorar la adopción de innovaciones y el desarrollo de redes de agricultores.

Para esto, los sistemas de extensión deben ser pertinentes, efectivos y sostenibles, así como fomentar la competitividad. Existen varios sistemas de extensión, como la red de innovación tecnológica (Muñoz et al., 2004; Muñoz et al., 2007). Por otra parte, el índice de adopción de innovación (INAI) se refiere a la capacidad innovadora del productor, y se calcula con base en el número de prácticas que implementó el productor en un momento dado sobre el número de prácticas totales definidas en un catálogo. Muñoz et al. (2007) estudiaron diferentes redes de productores de maíz en diferentes partes de México; en su investigación encontraron que el estado de México, México, era el más desarticulado, con solo 30 % de nodos sueltos, un INAI de 13,3 % y un índice de centralización de 14 %, y concluyeron que había varios actores estructurantes y difusores con baja capacidad de influencia. En un estudio sobre el maíz, se utilizó un método similar, en el que los pequeños productores obtuvieron un INAI de 12,6 % (Zarazúa et al., 2012).

Por lo tanto, las redes pueden mejorar la eficiencia de una organización al facilitar acciones articuladas para obtener beneficios mutuos y los recursos a los que se puede acceder a través de relaciones establecidas (Lin, 2001; Putnam, 1993, 2000; Putnam & Goss, 2002). Por su parte, Putnam (2000) también indica que la prosperidad puede estar más asociada con el capital social que con el capital económico. El capital social explica la creación de vínculos entre las redes sociales independientes y los principios de reciprocidad, cooperación y confianza entre los actores involucrados. En el presente estudio, se busca mejorar la adopción de innovaciones sociales y tecnológicas, los ingresos y la rentabilidad mediante la aplicación de técnicas de capacitación y extensión andragógicas a un grupo de 150 citricultores de cinco comunidades de Veracruz, México.

Materiales y métodos

Se analizaron cinco grupos de 30 productores en las siguientes comunidades de México: El Refugio, ubicado en Martínez de la Torre; El Frijolillo, en Tuxpan; y Hermenegildo Galeana, El Limonar y La Camelia, en Alamo Temapache, Veracruz. Todas estas comunidades pertenecen a la Región Huasteca en México. La Huasteca es una región multicultural que incluye la parte sur del estado de Tamaulipas, el norte de Veracruz, el oriente de San Luis Potosí, el norte de Hidalgo, una parte del norte de Querétaro y una pequeña parte del norte de Puebla (Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH], 2019).

La investigación se realizó entre enero de 2012 y octubre de 2016. Los datos obtenidos con las encuestas estaban relacionados con temas como control de malezas, control de enfermedades y plagas, fertilización

y gestión agronómica en huertos de cítricos. En 2012 se realizaron dos encuestas iniciales a cada productor: una sobre innovaciones sociales y otra sobre innovaciones tecnológicas. El trabajo de campo finalizó en diciembre de 2014 y se aplicó la encuesta final para cada área. En septiembre y octubre de 2016, se realizó una encuesta de seguimiento para evaluar la permanencia de las innovaciones sociales y tecnológicas adoptadas luego de dos años de culminar el proceso de capacitación y extensión, el avance del trabajo, el margen de ganancia y los ingresos de los grupos de manera colectiva.

Método de extensión utilizado para las innovaciones sociales y tecnológicas

En los primeros tres años, se brindó capacitación y extensión mediante estrategias andragógicas para que los productores adoptaran técnicas de innovación social y tecnológica.

Extensión integral para mejorar las innovaciones tecnológicas

Esta extensión se desarrolló a partir del método de educación de adultos que propone Almaguer y Ayala (2014) y Almaguer et al. (2015) a través del método de innovación de redes (Muñoz et al., 2007), cuyo objetivo principal era adoptar innovaciones tecnológicas para mejorar los ingresos de los citricultores. Para ello, se tuvieron en cuenta las siguientes etapas:

a. *Formación de facilitadores*. Los productores se capacitaron con técnicas andragógicas. En primer lugar, se diseñaron talleres para los citricultores, que comenzaron por diagnosticar las necesidades e intereses de los estudiantes adultos. Posteriormente, se elaboraron secuencias didácticas (Obaya & Ponce, 2007; Tobón-Tobón et al., 2016) considerando los siguientes puntos: i) un problema de la vida real que se debe resolver; ii) la competencia de aprendizaje; iii) los criterios de esa competencia; iv) las experiencias de aprendizaje significativas; v) las estrategias didácticas, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje práctico; vi) las actitudes y los valores que se espera aprender; vii) los elementos cognitivos que se deben aprender; viii) las destrezas y habilidades que se deben adquirir; ix) la selección de materiales, métodos y recursos destinados a la resolución de problemas de la vida diaria y a la producción, y x) el archivo de evaluación, según las metas que alcanzaron los productores, que se califican con base en los conocimientos, habilidades y valores adquiridos en la resolución de cada problema de la vida real. Dentro del contexto de aprendizaje, se consideraron principios específicos de las prácticas andragógicas: 1) el adulto requiere el aprendizaje, 2) el autoconcepto, 3) la experiencia previa, 4) la disposición para aprender, 5) la tendencia a aprender, y 6) la motivación para aprender (Calivá, 2009).
b. *Diagnóstico*. Se aplicó una encuesta inicial de referencia, que contenía un catálogo de innovación que el productor tenía que revisar para lograr una rentabilidad óptima.
c. *Plan de trabajo*. Se configuró en un paquete tecnológico organizado en secuencias didácticas y aplicado tanto en formación como en extensión. También incluyó experiencias de aprendizaje muy significativas.
d. *Implementación de la extensión*. Los facilitadores capacitaron a todos los productores con técnicas andragógicas para aplicar el paquete tecnológico.
e. *Evaluación*. Se refiere al análisis del aumento en la adopción de innovación, ingresos y rendimientos por parte de los productores, para lo cual se realizó una encuesta final y se comparó con la de base.

El porcentaje de adopción de innovaciones (PAI) se calculó con la siguiente ecuación: PAI = $n/N \times 100$, donde *n* era el número de innovaciones que adoptó el productor (encuesta final menos encuesta de línea de base) y *N* el número total de innovaciones disponible en el paquete tecnológico.

Método utilizado para las innovaciones sociales

Se impartieron diez talleres a los mismos productores a través de metodologías andragógicas, en los que se enfatizó el crecimiento y la generación de confianza como elementos de articulación entre las redes de productores. Los talleres se estructuraron según Rovere (1999, 2004) y Zarazúa et al. (2012). Se destacaron cinco niveles de articulación social: identificación, provisión, colaboración, cooperación y asociación.

Los siguientes son algunos conceptos que se utilizan en el presente documento. El tamaño de la red es el número de nodos (actores) en una red. La densidad es el número de relaciones entre el número de posibles relaciones y el grado. El grado de nodo es el número de enlaces que tiene cada nodo; un grado de nodo más alto indica más nodos conectados en el grupo y mayor centralidad. La centralidad es la capacidad del nodo de tener una relación directa, es decir, la posibilidad de un acceso directo, sin intermediarios, a nodos vecinos (Lozares et al., 2013).

La densidad de la red fue uno de los dos indicadores, expresada como el porcentaje de relaciones potenciales que existían entre los actores (Freeman, 1979). La densidad de la red, las relaciones, los actores estructurantes, la centralidad y el índice de grado y fragmentación se evaluaron con el método que propone Rendón (2007), utilizando UCINET 6,523® (Borgatti et al., 2002), Keyplayer 2.0® (Borgatti & Dreyfus, 2003) y Gephi 0.8.2® (Bastian et al., 2009). Siguiendo la metodología que sugiere Rovere (1999, 2004), las variables sociales fueron *identificación*, *contribución*, *colaboración*, *cooperación* y *asociación para generar confianza*. Los ingresos se obtuvieron en función del precio por tonelada de fruta comercializada.

Se realizaron pruebas *t* estadísticas para comparar las medias de las variables anteriores, además de los rendimientos e ingresos de la producción de naranja, con el *software* estadístico SPSS-PASW Statistics 18®.

Resultados y discusión

Se identificó un total de 150 participantes para este estudio, 30 de cada comunidad. Las características demográficas de los participantes son las siguientes: citricultores con campos entre 1 y 10 hectáreas y costos de producción anuales de USD 150 por hectárea, 52 años de edad en promedio, cinco años de escolaridad y 20 años de experiencia en el cultivo de cítricos.

Adopción de innovaciones tecnológicas

La encuesta de base (2012) indicó que el PAI obtenido por los productores antes de la capacitación y extensión andragógicas, en relación con el paquete tecnológico de innovaciones propuesto, fue de 29,9 % (tabla 1). Este PAI es bajo, en especial si se compara con los fresicultores (empresarios) con un PAI inicial

del 55,6 % (Zarazúa et al., 2011). No obstante, este fue alto en comparación con el 15,5 % diagnosticado en los citricultores de Tlapacoyán (Almaguer & Ayala, 2014).

Tabla 1. PAI clasificado por categoría y por encuesta

Categoría de innovación*	Encuesta y año		
	De base 2012	Final 2014	Seguimiento 2016
Control de malezas	52,3[a]	74,4[b]	74,1[b]
Control de plagas y enfermedades	18,8[a]	59,9[b]	60,7[b]
Fertilización	22,4[a]	84,2[c]	74,9[b]
Gestión agronómica	25,9[a]	48,7[b]	45,0[b]
PAI	29,9[a]	66,8[b]	63,7[b]

Nota: *Los datos representan medias de cinco comunidades. Para el total de comunidades, se compararon las medias. Se asume normalidad y homogeneidad de varianza en las variables evaluadas ($p < 0,05$). Las medias seguidas de la misma letra dentro de una fila no son significativamente diferentes según la prueba *t* estadística ($p = 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Todas las categorías tuvieron un aumento significativo (36,9 %) en la adopción de innovaciones tecnológicas debido a la capacitación y extensión andragógicas que se impartieron entre 2012 y 2014. Cabe anotar que la adopción de innovaciones tecnológicas se mantuvo igual estadísticamente luego de dos años de la intervención, lo que implica que la adopción de innovaciones no se detuvo luego de terminar los talleres y las asesorías (el proyecto finalizó y no pudo continuar). Este resultado significa que la intervención educativa ayudó mucho a los productores a adoptar innovaciones tecnológicas de forma permanente. Tras brindar una extensión con redes de innovación durante tres años, Sánchez et al. (2016) lograron un aumento significativo en la tasa de adopción de 36,4 % en pequeñas fincas de ovinos de Atlacomulco y Jilotepec, estado de México, México.

Después de tres años de la intervención, el INAI se redujo de forma significativa, la estructura de la red cambió y los actores rompieron sus relaciones, posiblemente debido al método de extensión empleado. Vale la pena destacar que la categoría más adoptada fue el manejo de la fertilización debido a la intervención andragógica, que aumentó del 22,4 %, en la encuesta de base, al 84,2 %, en la encuesta de 2014. Se pensó en hacer un uso racional de los fertilizantes mediante el análisis del suelo para mejorar el estado nutricional de los árboles y reducir la contaminación. Sin embargo, fue la única serie de innovaciones que no se mantuvo en un nivel significativo en la encuesta de seguimiento, lo que significa que su adopción se redujo con el tiempo.

La gestión agronómica fue la innovación menos adoptada, ya que la inversión requerida es alta en términos de esfuerzo físico. En la comunidad de El Frijolillo, la encuesta final mostró un aumento en la articulación, probablemente porque se ha consolidado el proceso de organización de agricultores, quienes han seguido trabajando juntos en más proyectos; por ejemplo, compraron un rociador de turbina.

También han ido mejorando la adopción de innovaciones tras la intervención y hacen más actividades colectivas a diario. Este grupo se dedica al cultivo de mandarinas y, debido a que el precio ha subido, los citricultores de esta comunidad se han motivado a producir frutos de mejor calidad. A nivel colectivo, han recibido formación en la gestión agronómica del árbol de la mandarina.

En contraste, la comunidad de Hermenegildo Galeana bajó su PAI de forma significativa en la encuesta de seguimiento, porque su líder emigró en 2014 y el grupo perdió interés en continuar con el trabajo colectivo. En la comunidad de El Refugio, el grupo se separó y redujo la adopción de innovaciones, por lo que bajaron su rentabilidad e ingresos en comparación con sus logros anteriores.

Según la encuesta de seguimiento del 2016, las comunidades de El Limonar y La Camelia mantuvieron la adopción de las innovaciones que lograron tras la intervención en 2014, porque siguieron trabajando en equipo. Aquí se formaron cooperativas, pero es posible que no continúen porque no han avanzado en su empoderamiento. En México, los productores de tomate que tenían programas de extensión con Escuelas de Campo aumentaron su adopción de innovaciones en un 46 %, lo que implicó mejores rendimientos y más ingresos (Ortiz et al., 2013).

Rendimiento e ingresos anuales totales por hectárea

Antes de implementar la capacitación y extensión en 2012, el rendimiento promedio de los productores de naranjas era de 9,4 t/ha. La encuesta final indicó un aumento significativo en el rendimiento de 4,4 t/ha, lo que representa más del 31 %. En todas las comunidades, excepto El Frijolillo, este incremento fue estadísticamente diferente (tabla 2). Dos años después de finalizada la intervención, los rendimientos aumentaron un 56 % en relación con 2012.

Tabla 2. Comparación de medias de rendimiento e ingresos de los citricultores en la región de la Huasteca, México, por encuesta

Ubicación	Rendimiento (t/ha)			Ingreso anual total por hectárea (Mex $/t)		
	2012	2014	2016*	2012	2014	2016*
El Refugio	8,6^{a}	11,2^{b}	16,0	12,3^{a}	16,28^{b}	80,0
Frijolillo	6,4^{a}	7,2^{a}	20,5	9,2^{a}	10,3^{a}	102,5
H. Galeana	12,8^{a}	17,9^{b}	13,5	18,5^{a}	25,9^{b}	40,4
El Limonar	9,1^{a}	16,4^{b}	16,1	13,1^{a}	23,8^{b}	48,4
La Camelia	13,6^{a}	19,9^{b}	16,6	19,6^{a}	28,8^{b}	49,8
Media	9,4^{a}	13,7^{b}	16,5	13,5	19,8	61,6

Nota: *Ese año no se realizó ningún análisis estadístico. Se realizó la prueba *t*, la prueba de normalidad y la prueba de homogeneidad de varianza ($p < 0,05$). Las medias seguidas de la misma letra dentro de una fila para el rendimiento y el ingreso total por hectárea no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba t estadística ($p = 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

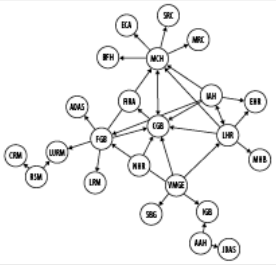
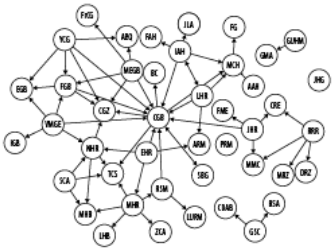
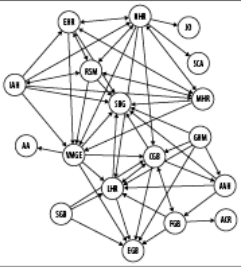
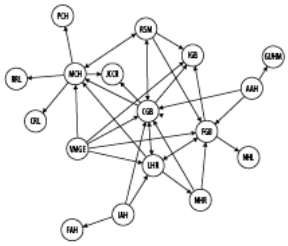
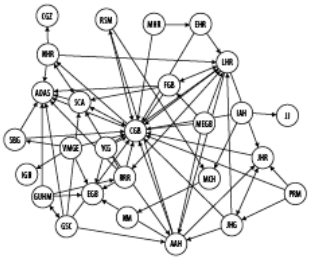
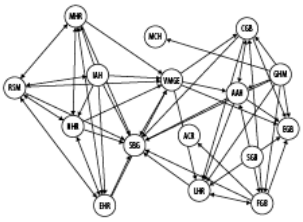
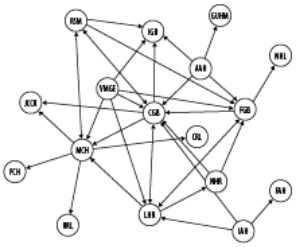
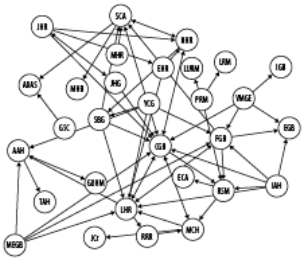
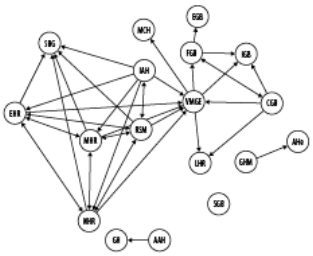
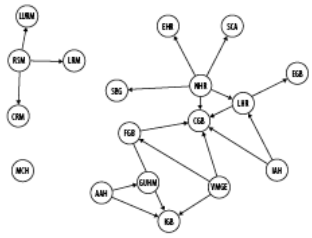
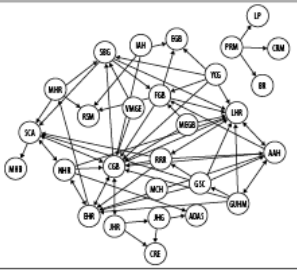
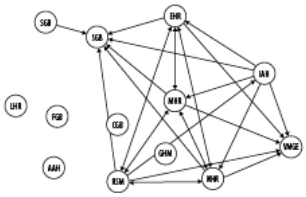
En cuanto a los ingresos, también hubo un aumento del 31,3 % para 2014, en relación con la encuesta de 2012, que fue una diferencia estadísticamente significativa. Para 2016, los ingresos aumentaron un 454 %, atribuible a que los productores adoptaron el 65 % de la tecnología propuesta a través de la extensión andragógica implementada, el avance en la consolidación del grupo y el aumento de precio de los productos. Otra posible explicación es que los ingresos fueron muy altos en 2016, debido al aumento significativo en los precios de los cítricos por a una fuerte sequía que redujo la oferta; además, la fruta tuvo mejor calidad. En general, la adopción de innovaciones continuó, ya que los datos de 2012 y 2014 no tienen diferencias estadísticas. Estos resultados concuerdan con los que informa Almaguer y Ayala (2014), en los que los productores de lima de Tlapacoyán, Veracruz, obtuvieron un incremento en el rendimiento y el precio de venta del 56 %.

Innovaciones sociales

La encuesta social de base del 2012 reveló que existía una desarticulación importante en las redes sociales y el trabajo conjunto, en particular en las relaciones profundas a nivel de colaboración, cooperación y asociación (tablas 3, 4, 5, 6 y7). En las zonas rurales, los productores han tenido experiencias asociativas, cuyos resultados han sido casi siempre desfavorables, lo que genera un ambiente de desconfianza generalizada y limita la integración productiva (Mamani et al., 2013).

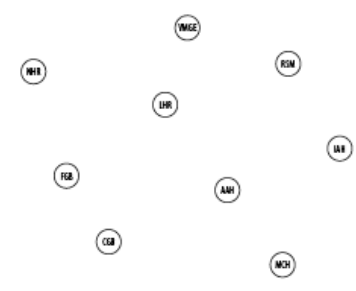
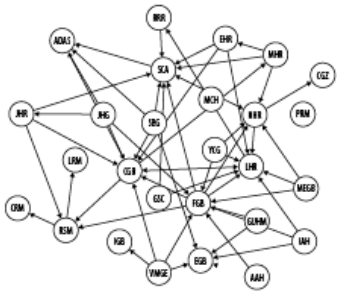
Los talleres lograron una mejor articulación que se vio reflejada en enlaces más numerosos y robustos, más nodos y mayor densidad, en especial a nivel de confianza, lo que consolidó las redes sociales en 2014 (tablas 3, 4, 5, 6 y 7). Sin embargo, para 2016 se redujo la cantidad de nodos, pero aumentó la cantidad de enlaces por nodo o grado y densidad de nodo. Davis (2006) afirma que una extensión eficiente implica un sistema de innovación agrícola eficaz y esquemas de desarrollo de la capacidad profesional sobre una base individual, organizacional y de red (sistema).

Tabla 3. Red de citricultores de El Refugio en Martínez de la Torre, Veracruz

Nivel	1.ª entrevista (2012), antes de la intervención	2.ª entrevista (2014), tras la intervención	Entrevista de seguimiento (2016)
Identificación			
	Nodos: 23 Relaciones: 32 Densidad: 6,3 %	Nodos: 44 Relaciones: 63 Densidad: 3,3 %	Nodos: 18 Relaciones: 59 Densidad: 19,3 %
Provisión			
	Nodos: 17 Relaciones: 35 Densidad: 12,9 %	Nodos: 27 Relaciones: 72 Densidad: 10,3 %	Nodos: 16 Relaciones: 60 Densidad: 25,0 %
Colaboración			
	Nodos: 19 Relaciones: 27 Densidad: 7,9 %	Nodos: 30 Relaciones: 62 Densidad: 7,1 %	Nodos: 18 Relaciones: 40 Densidad: 13,1 %
Cooperación			
	Nodos: 27 Relaciones: 19 Densidad: 2,7 %	Nodos: 27 Relaciones: 64 Densidad: 9,1 %	Nodos: 17 Relaciones: 56 Densidad: 20,6 %

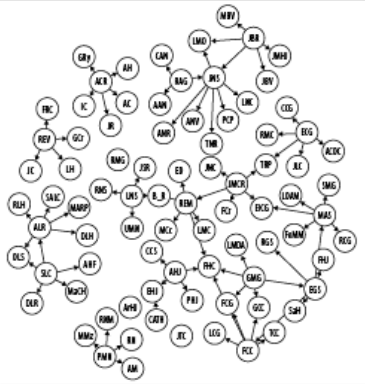
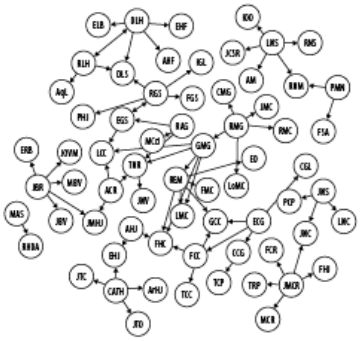
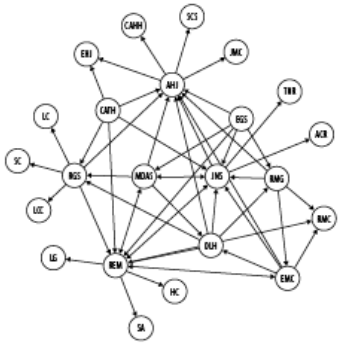
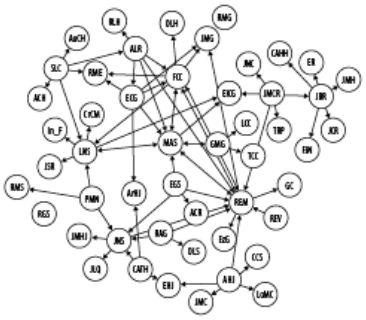
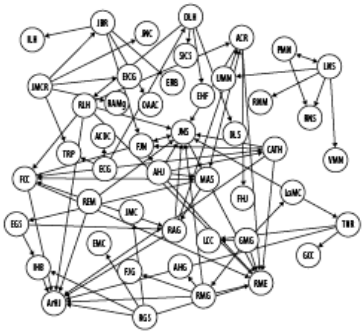
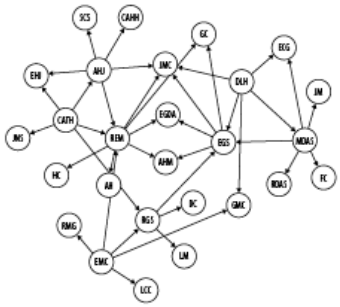
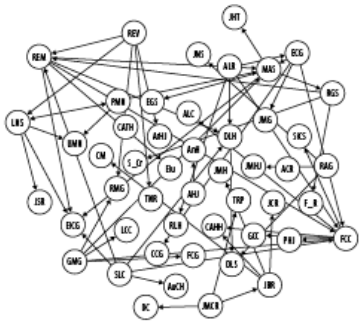
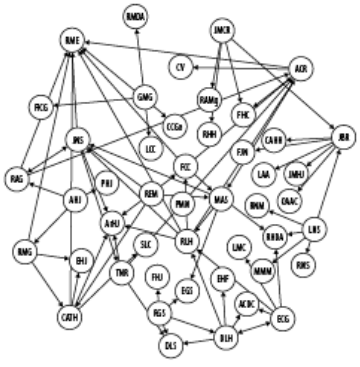
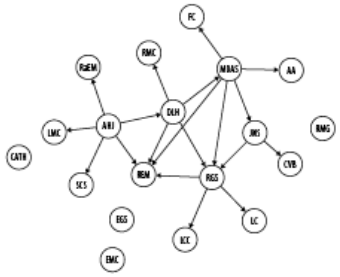
(Continúa)

(Continuación tabla 3)

Asociación			
	Nodos: 9 Relaciones: 0 Densidad: 0 %	Nodos: 27 Relaciones: 55 Densidad: 7,8 %	Nodos: 13 Relaciones: 27 Densidad: 17,3 %

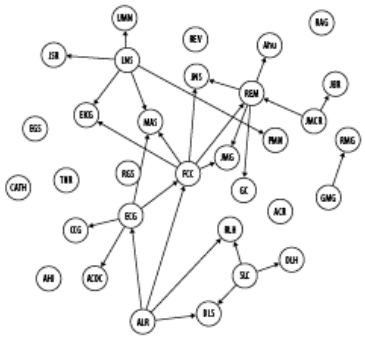
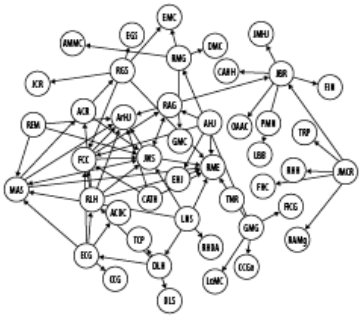
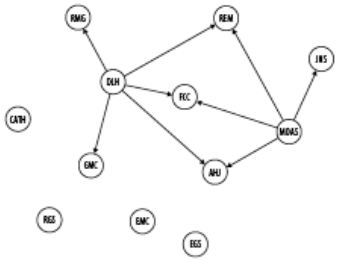
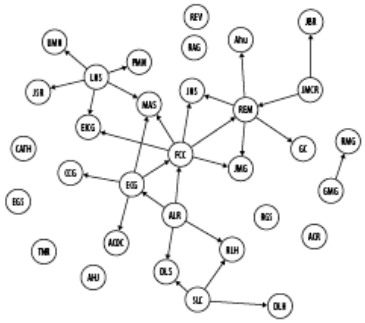
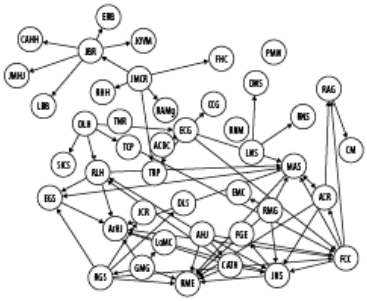
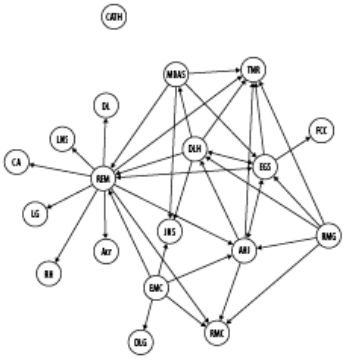
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Red de citricultores de El Frijolillo en Tuxpan, Veracruz

Nivel	1.ª entrevista (2012), antes de la intervención	2.ª entrevista (2014), tras la intervención	Entrevista de seguimiento (2016)
Identificación			
	Nodos: 64 Relaciones: 65 Densidad: 1,6 %	Nodos: 57 Relaciones: 59 Densidad: 1,8 %	Nodos: 23 Relaciones: 52 Densidad: 10,3 %
Provisión			
	Nodos: 43 Relaciones: 57 Densidad: 3,2 %	Nodos: 40 Relaciones: 70 Densidad: 4,5 %	Nodos: 27 Relaciones: 38 Densidad: 5,4 %
Colaboración			
	Nodos: 40 Relaciones: 40 Densidad: 2,6 %	Nodos: 42 Relaciones: 56 Densidad: 3,3 %	Nodos: 19 Relaciones: 19 Densidad: 5,6 %

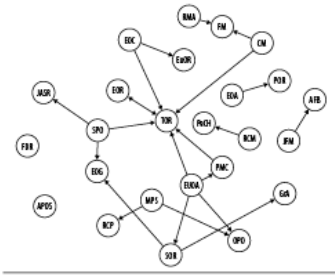
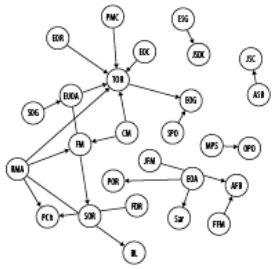
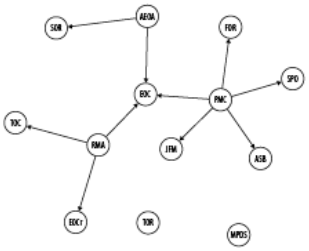
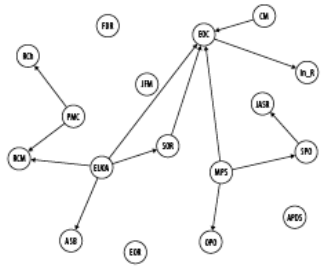
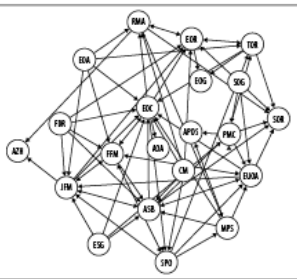
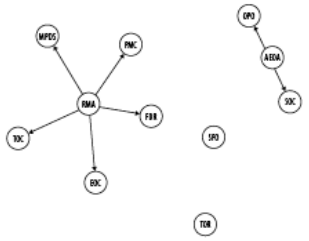
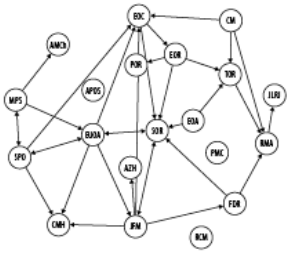
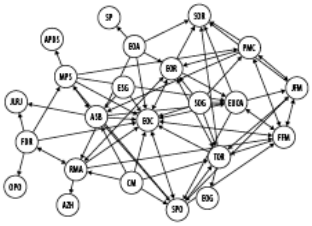
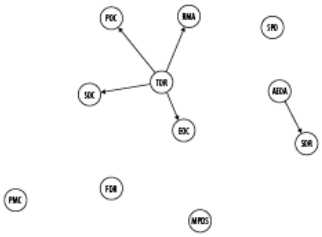
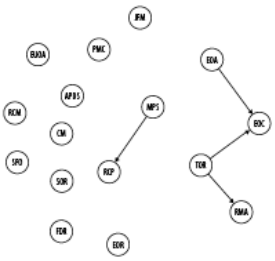
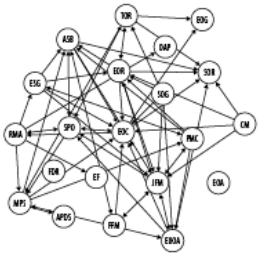
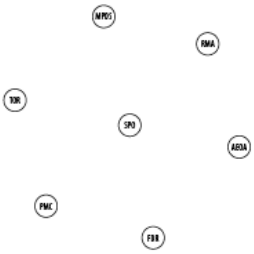
(Continúa)

(Continuación tabla 4)

Cooperación			
	Nodos: 23 Relaciones: 12 Densidad: 2,4 %	Nodos: 39 Relaciones: 55 Densidad: 3,7 %	Nodos: 12 Relaciones: 9 Densidad: 6,8 %
Asociación			
	Nodos: 23 Relaciones: 17 Densidad: 3,4 %	Nodos: 37 Relaciones: 54 Densidad: 4,1 %	Nodos: 19 Relaciones: 38 Densidad: 11,1 %

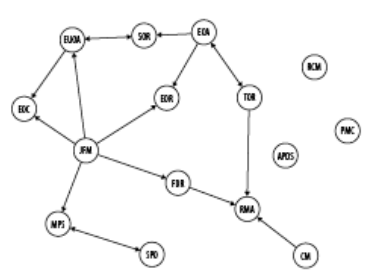
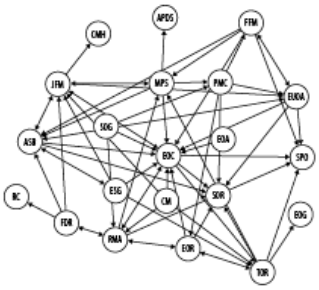
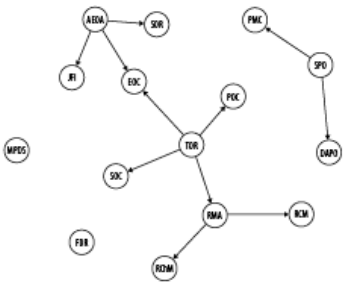
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Red de citricultores de Hermenegildo Galeana en Álamo Temapache, Veracruz

Nivel	1.ª entrevista (2012), antes de la intervención	2.ª entrevista (2014), tras la intervención	Entrevista de seguimiento (2016)
Identificación			
	Nodos: 21 Relaciones: 19 Densidad: 4,5 %	Nodos: 21 Relaciones: 18 Densidad: 4,3 %	Nodos: 13 Relaciones: 10 Densidad: 6,4 %
Provisión			
	Nodos: 16 Relaciones: 12 Densidad: 5 %	Nodos: 19 Relaciones: 57 Densidad: 16,7 %	Nodos: 11 Relaciones: 7 Densidad: 6 %
Colaboración			
	Nodos: 18 Relaciones: 31 Densidad: 10,1 %	Nodos: 21 Relaciones: 60 Densidad: 14,3 %	Nodos: 11 Relaciones: 5 Densidad: 4,5 %
Cooperación			
	Nodos: 13 Relaciones: 4 Densidad: 2,6 %	Nodos: 20 Relaciones: 49 Densidad: 12,9 %	Nodos: 7 Relaciones: 0 Densidad: 0 %

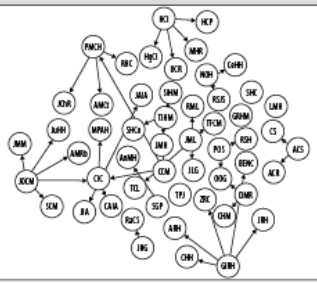
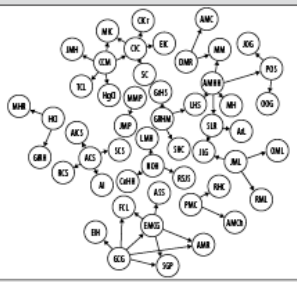
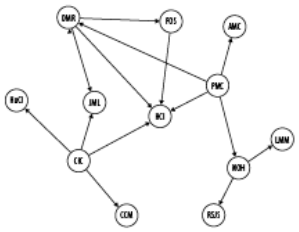
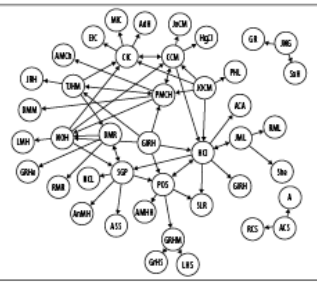
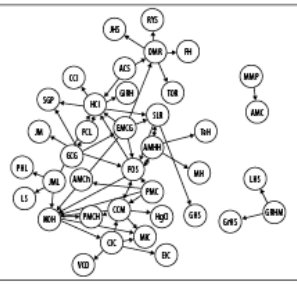
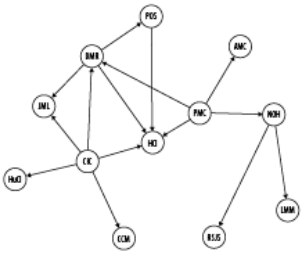
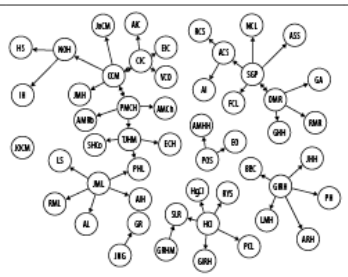
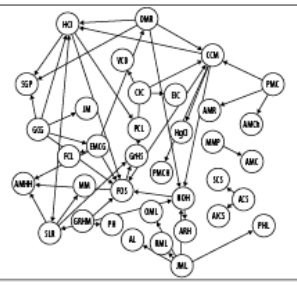
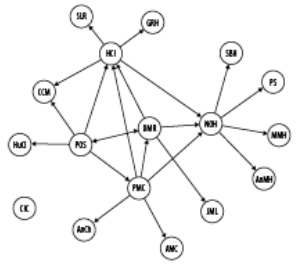
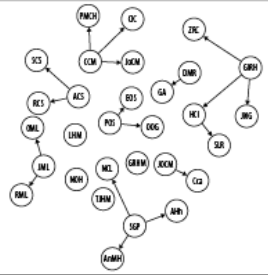
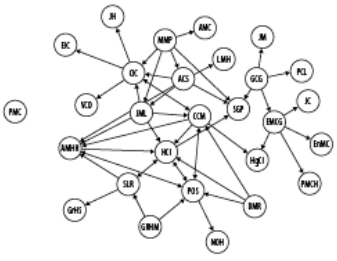
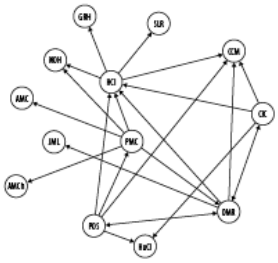
(Continúa)

(Continuación tabla 5)

Asociación			
	Nodos: 13 Relaciones: 16 Densidad: 10,3 %	Nodos: 19 Relaciones: 49 Densidad: 14,3 %	Nodos: 15 Relaciones: 11 Densidad: 5,2 %

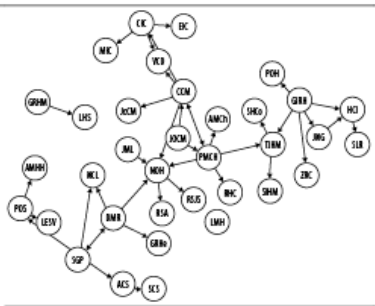
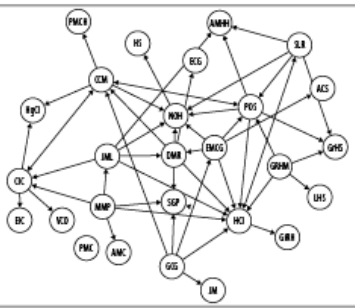
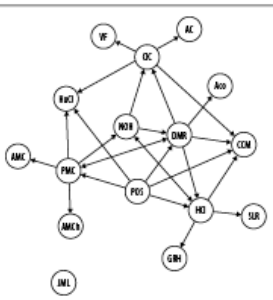
Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Red de citricultores de El Limonar en Álamo Temapache, Veracruz

Nivel	1.ª entrevista (2012), antes de la intervención	2.ª entrevista (2014), tras la intervención	Entrevista de seguimiento (2016)
Identificación			
	Nodos: 31 Relaciones: 24 Densidad: 2,6%	Nodos: 35 Relaciones: 28 Densidad: 2,4%	Nodos: 12 Relaciones: 30 Densidad: 22,7%
Provisión			
	Nodos: 28 Relaciones: 33 Densidad: 4,4%	Nodos: 22 Relaciones: 34 Densidad: 4,6%	Nodos: 12 Relaciones: 15 Densidad: 11,4%
Colaboración			
	Nodos: 35 Relaciones: 30 Densidad: 2,5%	Nodos: 26 Relaciones: 32 Densidad: 4,9%	Nodos: 17 Relaciones: 22 Densidad: 8,1%
Cooperación			
	Nodos: 19 Relaciones: 11 Densidad: 3,2%	Nodos: 17 Relaciones: 30 Densidad: 11,0%	Nodos: 13 Relaciones: 23 Densidad: 14,7%

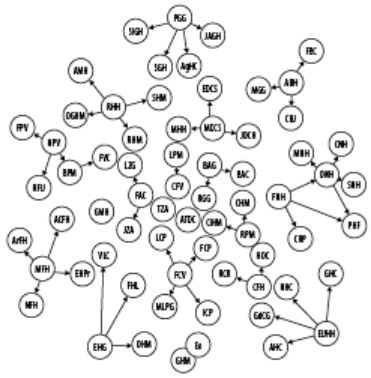
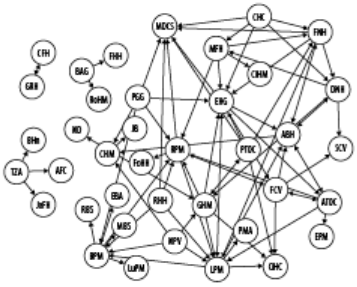
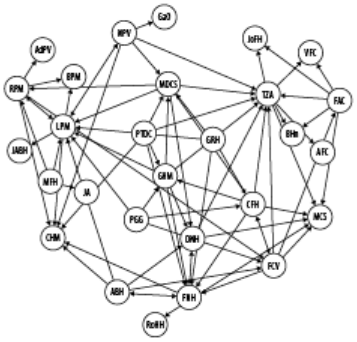
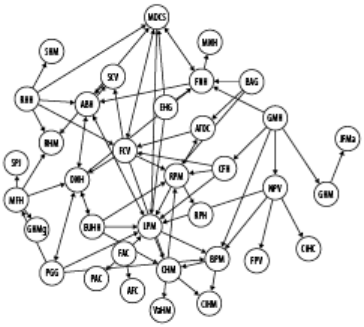
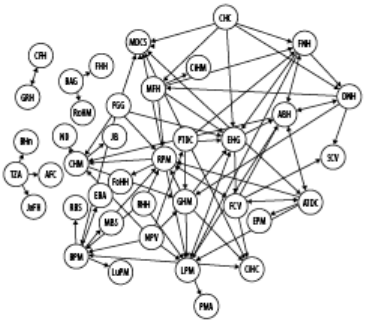
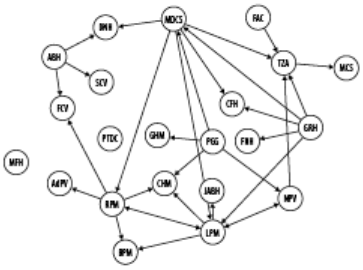
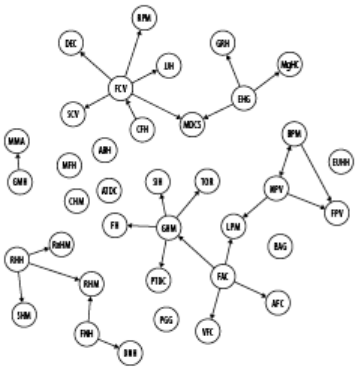
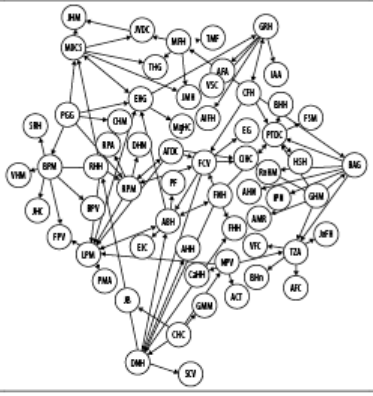
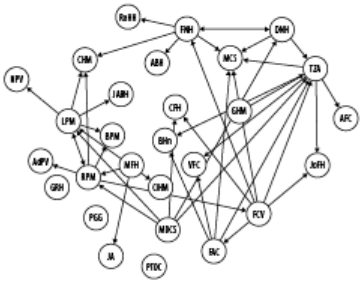
(Continúa)

(Continuación tabla 6)

Asociación			
	Nodos: 24 Relaciones: 20 Densidad: 3,6%	Nodos: 21 Relaciones: 32 Densidad: 7,6%	Nodos: 16 Relaciones: 26 Densidad: 10,8%

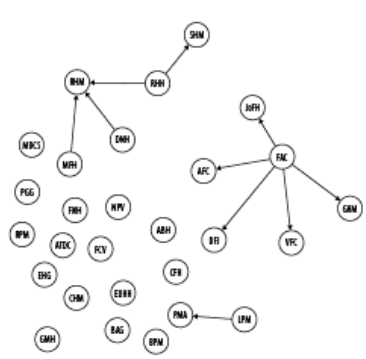
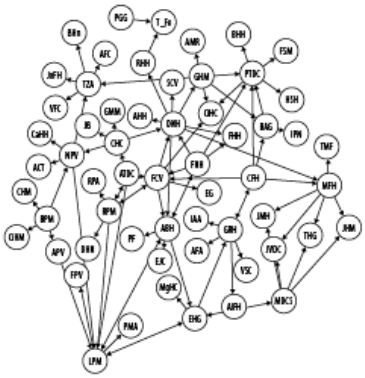
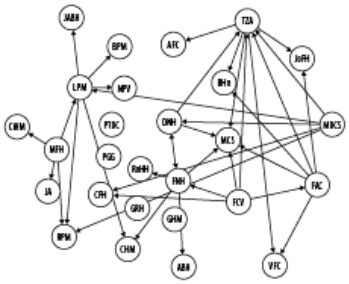
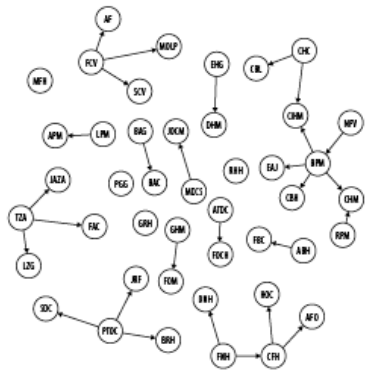
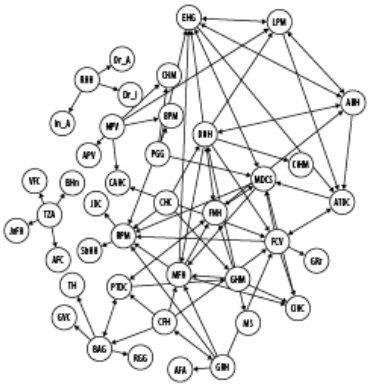
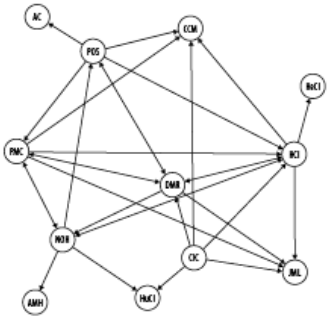
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Red de citricultores de La Camelia en Álamo Temapache, Veracruz

Nivel	1.ª entrevista (2012), antes de la intervención	2.ª entrevista (2014), tras la intervención	Entrevista de seguimiento (2016)
Identificación			
	Nodos: 56 Relaciones: 41 Densidad: 1,3 %	Nodos: 32 Relaciones: 18 Densidad: 1,8 %	Nodos: 28 Relaciones: 75 Densidad: 9,9 %
Provisión			
	Nodos: 29 Relaciones: 55 Densidad: 6,8 %	Nodos: 32 Relaciones: 64 Densidad: 6,5 %	Nodos: 22 Relaciones: 31 Densidad: 6,7 %
Colaboración			
	Nodos: 29 Relaciones: 21 Densidad: 2,6 %	Nodos: 48 Relaciones: 75 Densidad: 3,3 %	Nodos: 28 Relaciones: 43 Densidad: 5,7 %

(Continúa)

(Continuación tabla 7)

Cooperación			
	Nodos: 19 Relaciones: 5 Densidad: 1,5 %	Nodos: 46 Relaciones: 67 Densidad: 3,2 %	Nodos: 27 Relaciones: 37 Densidad: 5,3 %
Asociación			
	Nodos: 16 Relaciones: 0 Densidad: 0 %	Nodos: 34 Relaciones: 63 Densidad: 5,6 %	Nodos: 23 Relaciones: 28 Densidad: 5,5 %

Fuente: Elaboración propia

En el presente estudio, los talleres ayudaron a cimentar las relaciones entre los productores, las cuales se mantuvieron a lo largo del tiempo. En cambio, las redes, en especial a nivel de relación, como cooperación y asociación, estaban más estructuradas considerando que el capital social mejoró.

Sánchez et al. (2016) encontraron que los productores directamente conectados con un extensionista y su asistencia mejoraron su posición en la red, el valor de sus indicadores sociales (grado y cobertura de ingreso) y su INAI (36,4, $p < 0,01$), en comparación con los que tienen una conexión indirecta (23,4, $p < 0,01$). Se obtuvo la correlación entre el INAI y el valor de los indicadores sociales. Luego de dos años de haber culminado la intervención, el INAI cayó de manera significativa en un 19,1 % y ya no se encontraron correlaciones significativas con indicadores sociales, lo que implica que la adopción de innovaciones por parte de los productores no fue permanente. El método de extensión utilizado fueron las redes de innovación.

Coleman (1990) mencionó que la confianza social es un subproducto de las asociaciones participantes y de las redes de participación cívica. En nuestro caso, la confianza se fortaleció con la realización de diez talleres y la formación de cooperativas. Los talleres buscaron mejorar el capital social al consolidar valores colectivos como la cooperación, la solidaridad y la confianza, al crear contextos de comunicación e intercambio entre actores, lineamientos operativos, estándares y valores que condicionan el comportamiento de los actores. Además, las posiciones funcionalmente diferenciales son cruciales para comprender el comportamiento de los actores dentro de cada red y el desempeño de toda la red, como plantean Aguirre (2011) y Lozares (1996).

Con la metodología de Rovere (1999), los resultados muestran que las comunidades intervenidas han mejorado sus relaciones de forma sustancial (tabla 8), lo que implica una evolución de la red social. Se encontró un comportamiento diferente en los nodos que representan a los productores involucrados en la identificación y provisión, en comparación con la colaboración, cooperación y asociación, en las que se observa una disminución considerable en algunos niveles en comunidades específicas. Este hallazgo puede atribuirse al aislamiento de los cultivadores individuales y su indiferencia hacia las actividades destinadas a formar grupos sólidos de interés colectivo. Este comportamiento provoca la exclusión social, lo que a su vez ocasiona un proceso de selección dentro de la comunidad.

Zarazúa et al. (2012) compararon el rendimiento del maíz que obtienen dos tipos de productores (micro y pequeños productores) mediante indicadores de capital social; el microproductor tiene menos de 2,2 ha y su producción es principalmente para el autoconsumo, mientras que el pequeño productor tiene de 6 ha a 15 ha y su producción es en su mayoría para la venta. Se encontró que los pequeños agricultores tenían un rendimiento promedio de 2,3 t/ha, una tasa de adopción de innovación del 12,6 % y solo alcanzaban tres niveles de confianza en la escala de Rovere (1999). Los microproductores obtuvieron una tasa de adopción del 48,2 % y cinco niveles en la misma escala de confianza. Esta red estaba más integrada porque mostraba mayor densidad, mayor tamaño, más enlaces y menor desviación estándar. El índice de centralidad también fue menor que en la otra red, lo que se refiere al principio de mejor acceso a la información y al conocimiento, y la producción fue 2,5 veces mayor. Al final, se formaron 20 cooperativas debido a la consolidación de principios y valores como la confianza, la cooperación, la solidaridad y la construcción, el fortalecimiento y la consolidación de la confianza interna (Amézaga et al., 2013).

Tabla 8. Comparación de medias de centralidad por comunidad

Ubicación	Nivel	Centralidad		Significado
		Antes de la intervención (2012)	Después de la intervención (2014)	
El Refugio	Identificación	$3,92 \pm 2,92^a$	$4,35 \pm 3,67^a$	0,735
	Provisión	$6,00 \pm 3,43^a$	$6,60 \pm 6,34^a$	0,796
	Colaboración	$5,7 \pm 3,37^a$	$6,90 \pm 4,15^a$	0,473
	Cooperación ϕ	$0,93 \pm 1,27^a$	$6,85 \pm 4,52^b$	0,000
	Asociación ϕ	$0,00 \pm 0,00^a$	$5,33 \pm 4,12^b$	0,005
El Frijolillo	Identificación	$2,58 \pm 2,02^a$	$2,72 \pm 1,77^a$	0,735
	Provisión	$3,96 \pm 3,66^a$	$5,00 \pm 2,85^a$	0,243
	Colaboración	$3,19 \pm 2,80^a$	$4,50 \pm 2,50^a$	0,082
	Cooperación ϕ	$1,04 \pm 1,29^a$	$4,73 \pm 2,86^b$	0,000
	Asociación ϕ	$1,68 \pm 2,00^a$	$4,36 \pm 2,90^b$	0,002
Hermenegildo Galeana	Identificación	$2,11 \pm 1,52^a$	$1,88 \pm 1,52^a$	0,666
	Provisión ϕ	$1,66 \pm 1,66^a$	$8,66 \pm 3,84^a$	0,000
	Colaboración	$4,00 \pm 2,61^a$	$8,20 \pm 4,32^b$	0,003
	Cooperación ϕ	$0,46 \pm 0,77^a$	$8,00 \pm 4,49^b$	0,000
	Asociación ϕ	$2,42 \pm 1,45^a$	$7,42 \pm 4,01^b$	0,000
El Limonar	Identificación	$1,84 \pm 1,53^a$	$1,94 \pm 1,39^a$	0,826
	Provisión	$4,04 \pm 3,48^a$	$3,80 \pm 3,04^a$	0,815
	Colaboración	$2,54 \pm 1,99^a$	$3,22^a \pm 2,87^a$	0,366
	Cooperación ϕ	$1,33 \pm 1,07^a$	$4,58 \pm 3,05^b$	0,004
	Asociación ϕ	$3,23 \pm 2,35^a$	$7,15 \pm 3,53^b$	0,015
La Camelia	Identificación	$2,33 \pm 1,27^a$	$1,41 \pm 1,13^b$	0,012
	Provisión	$5,50 \pm 3,20^a$	$6,50 \pm 3,66^a$	0,340
	Colaboración ϕ	$1,61 \pm 1,57^a$	$5,42 \pm 2,99^b$	0,000
	Cooperación ϕ	$0,42 \pm 0,59^a$	$5,23 \pm 3,06^b$	0,000
	Asociación ϕ	$0,55 \pm 0,23^a$	$6,55 \pm 3,14^b$	0,000
Promedio por comunidad	Identificación	$1,80 \pm 1,53^a$	$1,99 \pm 1,73^a$	0,667
	Provisión	$2,98 \pm 2,84^a$	$3,86 \pm 3,40^b$	0,003
	Colaboración ϕ	$2,38 \pm 2,21^a$	$3,39 \pm 3,03^b$	0,002
	Cooperación ϕ	$1,15 \pm 1,29^a$	$3,54 \pm 3,19^b$	0,000
	Asociación ϕ	$1,67 \pm 1,82^a$	$4,03 \pm 3,22^b$	0,000

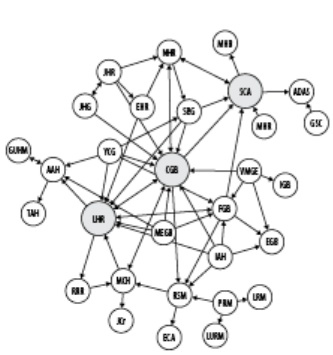
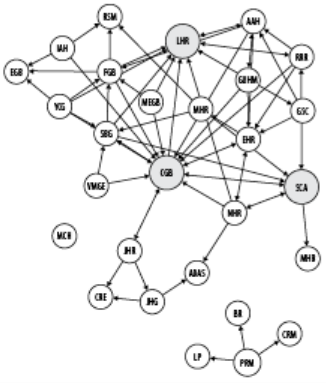
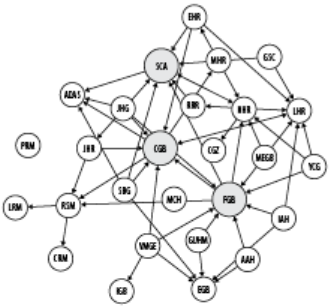
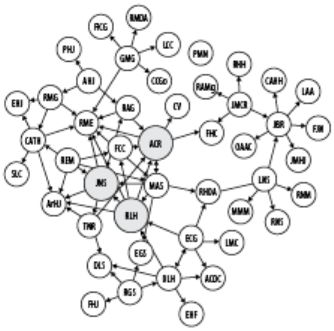
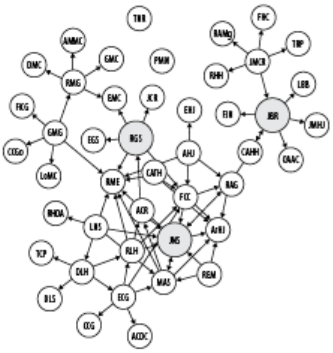
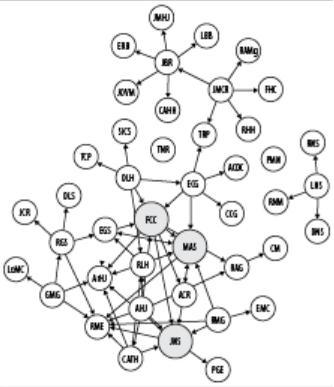
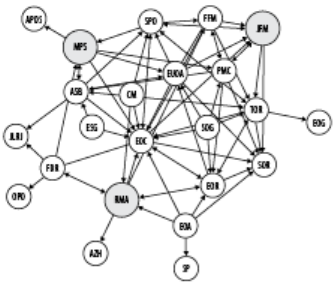
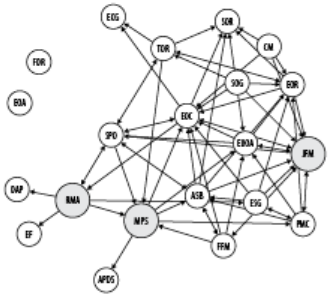
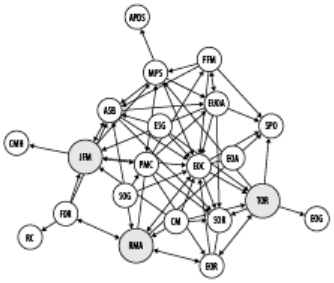
Nota: ϕ No se asume la igualdad de varianzas, según la prueba de Levene ($p > 0,05$). Letras diferentes (a, b) en la misma fila se refieren a una diferencia estadística de acuerdo con la prueba *t* para la igualdad de medias ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, aumentó el indicador de grado de nodo, entendido como el número de relaciones que ha obtenido un determinado nodo, lo que sugiere que el establecimiento de vínculos de calidad contribuye al intercambio de información y recursos relevantes que influyen de forma positiva en el capital social.

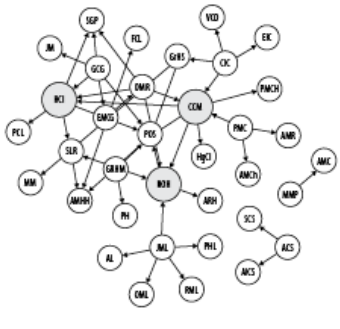
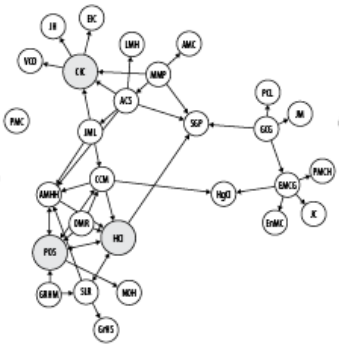
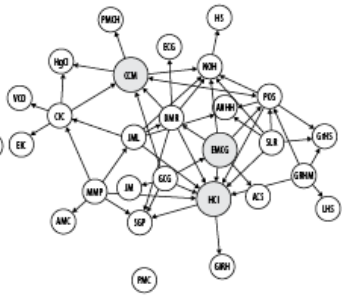
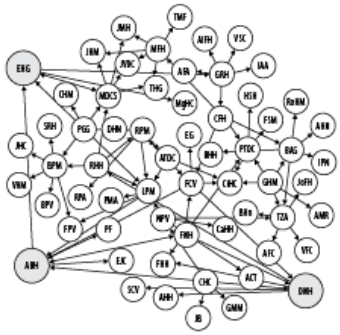
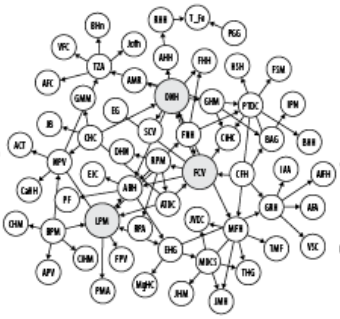
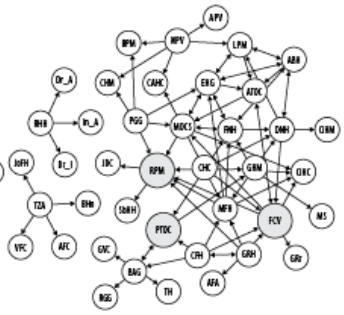
Una estrategia que podría producir impactos positivos es trabajar con los llamados "actores estructurantes", que se identificaron en las redes de cooperación y colaboración en la etapa final (tabla 9). Estos actores estructurantes juegan un papel fundamental en la conformación de las redes como líderes de opinión y procesos de toma de decisiones dentro de los grupos, lo que les permite seguir consolidando estos grupos y luego emprender proyectos más ambiciosos y de mayor alcance. También participan en la adopción y difusión de innovaciones diferenciales de gran beneficio para la producción nacional de cítricos.

Tabla 9. Actores estructurantes por vínculos de nivel profundo después de la etapa de intervención§

Ubicación	Colaboración	Cooperación	Asociación
El Refugio			
Actores de fragmentación/ estructuración	28,4 % - LHR, CGB, SCA	30,4 % - CGB, LHR, SCA	26,8 % - CGB, FGB, SCA
El Frijolillo			
Actores de fragmentación/ estructuración	6,4 % - JNS, ACR, RLH	9,5 % - RGS, JBR, JNS	5,3 % - FCC, MAS, JNS
Hermenegildo Galeana			
Actores de fragmentación/ estructuración	32,1 % - MPS, RMA, JFM	30,4 % - RMA, MPS, JFM	39,8 % - JFM, RMA, TOR

(Continúa)

(Continuación tabla 9)

El Limonar			
Actores de fragmentación/ estructuración	10,6 % - HCI, CCM, NOH	15,7 % - POS, HCI, CIC	18,9 % - CCM, EMCG, HCI
La Camelia			
Actores de fragmentación/ estructuración	15,8 % - EHG, ABH, DNH	16,5 % - LPM, FCV, DNH	13,5 % - RMP, PTDC, FCV

Nota: los nodos más grandes en gris son actores estructurantes. El porcentaje de fragmentación se determinó en tres niveles. §Actores estructurantes: identificamos a los tres productores principales por ubicación mediante un código de tres o cuatro letras en cada etapa de intervención.

Fuente: Elaboración propia

Los actores estructurantes en la mayoría de las comunidades se mantuvieron constantes. En general, durante la intervención se les consultó para mejorar la consolidación de la red. Zarazúa et al. (2012) observaron que los productores que tenían una red más integrada, con más actores estructurantes, mayor densidad, mayor tamaño, más enlaces y menor desviación estándar, producían hasta 2,5 veces más que aquellos que tenían una red desarticulada. Cabe mencionar que cada grupo formó reglas voluntarias establecidas. Asimismo, se promovieron las redes y los valores colectivos, de lo que se infiere que el capital social aumentó.

Conclusiones

Las intervenciones sociales y tecnológicas, implementadas mediante capacitación y extensión andragógicas, mejoraron el rendimiento de los huertos en más de un 50 %, aumentaron 4,5 veces los ingresos de los productores de cítricos y consolidaron los grupos de trabajo y la permanencia de las innovaciones.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (CONACYT-FORDECYT), que financió el proyecto n.º 000000000146957, titulado "Promoción de la innovación para mejorar la rentabilidad de los cítricos en la región huasteca de Veracruz e Hidalgo, México".

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron contribuciones significativas al documento, están de acuerdo con su publicación y no manifiestan ningún conflicto de intereses en el presente estudio.

Referencias

Aguirre, L. J. (2011). Introduccion al análisis de redes sociales. *Documentos de trabajo del Centro Interdisciplinario para el Estudio Politicas Públicas*, *82*, 1-59. https://www.ciepp.org.ar/images/ciepp/docstrabajo/doc%2082.pdf

Almaguer, V. G., & Ayala, G. A. V. (2014). Adopción de inovaciones en limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en Tlapacoyan Veracruz. Uso de Bitácora. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, *20*(1), 89-100. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.10.076

Almaguer, V. G., Ayala, G. A. V., Márquez, B. S., Flores, T. A., Oble, V. E., & Cabrera del A. A. (2015). Desarrollo humano y rural integral a través de la innovación agroempresarial, metodología de extensionismo organizacional y tecnológico. En A.J. Aguilar & C.V.H. Santoyo (Eds.), *Modelos alternativos de capacitación y extensión comunitaria* (pp. 93-125). Universidad Autónoma Chapingo, AM Editores y Clave Editores.

Amézaga, C., Rodríguez D., Núñez M., & Herrera D. (2013). *Orientaciones estratégicas para el fortalecimiento de la gestion asociativa*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San Isidro, Costa Rica. 96 p. http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2409/orientaciones%20estrategicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: an open-source software for exploring and manipulating networks. *Proceeding of the third international ICWSM Conference*. http://www.aaai.org/ocs/index.php/ICWSM/09/paper/download/154/1009

Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: software for social network analysis. Version 6.288*. Analytic Technologies. https://sites. google.com/site/ucinettsoftware/versions

Borgatti, S. P., & Dreyfus, D. (2003). *Keyplayer: naval research software. Analytic technologies*. http://www.analytictech.com/products.htm

Calivá, J. (2009). *Manual de capacitación para facilitadores*. IICA. http://repiica.iica.int/docs/B1577E/B1577E.pdf

Coleman, J. S. (1990). *Social capital*. The Belknap Press of Harvard University.

Davis, K. (2006). Farmer field schools: a boon or bust for extension in Africa. *Journal of International Agricultural and Extension Education*, *13*(1), 91-97. https://doi.org/10.5191/jiaee.2006.13109

Díaz, J. J., Rendón, M. R., Aguilar, A. J., & Muñoz, R. M. (2013). Análisis dinámico de redes en la difusión de innovaciones agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *4*(7), 1095-1102. https://doi.org/10.29312/remexca.v4i7.1149

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2020). *FAOSTAT*. http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC

Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, *1*(3), 215–239. https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7

Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH]. (2019). *La Huasteca: Región multicultural*. https://www.inah.gob.mx/boletinhes/3099-la-huasteca-region-multicultural

Lin, N. (2001). *Social capital. A theory of social structure and action*. Cambridge University Press.

Lozares, C. (1996). La teoría de redes sociales. *Papers*, *48*, 103-126. https://doi.org/10.5565/rev/papers/v48n0.1814

Lozares, C., López-Roldán, P., Bolívar M., & Muntanyola D. (2013). La centralidad en las redes sociales: medición, correlación y aplicación. *Metodología de las Encuestas*, *15*, 77-97.

Mamani, O. C. I., Almaguer, G., & Cervantes, F. (2013). *Niveles de relacionamiento y balance estructural de la red de innovación de hule (Hevea brasiliensis Muell Arg.). Estudio de Caso*. Juan Pablos.

Muñoz, M., Rendón, R., Aguilar, J., Garcia, J. G., & Altamirano, J. R. (2004). *Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural*. Universidad Autónoma Chapingo y Fundación Produce Michoacan.

Muñoz, R. M., Altamirano, C. J. R., Aguilar A. J., Rendon M. R., & Espejel G. A. (2007). *Innovación: motor de la competitividad agroalimentaria*. Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Programa de Investigaciones Interdisciplinarias Agricultura Industria.

Obaya, V. A. & Ponce, P. R. (2007). La secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el área de químico biológicas. *Contactos*, *63*, 19-25.

Ortiz, J. B., Jiménez, S. M., Morales, G. A., Quispe, L. A., Turrent, F. A., Rendón, S. G., & Rendón, M. R. (2013). Nivel de adopción de tecnologías para la producción de jitomate en productores de pequeña escala en el estado de Oaxaca 44. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *4*(3), 447-460. https://doi.org/10.29312/remexca.v4i3.1206

Peña, N. E. (2017). *Informe de gobierno (4.º informe)*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. https://www.gob.mx/presidencia/articulos/4to-informe-de-gobierno-62351?idiom=es

Putnam, R. D. (1993). *Making democracy work civic traditions in modern Italy*. Princeton University Press.

Putnam, R. D. (2000). *Bowling alone the collapse and revival of American community*. Simon & Schuster.

Putnam, R. D., & Goss, K. A. (2002). Introduction. En R. D. Putman, (Ed.), *Democracies in flux. The evolution of social capital in contemporary society* (pp. 3-19). Oxford University Press. http://doi.org/10.1093/0195150899.001.0001

Rendón, M. R. (2007). *Identificación de actores clave para la gestión de la innovación: el uso de redes sociales*. Serie: materiales de formación para las agencias de gestión de la innovación. Universidad Autónoma Chapingo Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.

Rovere, M. (1999). *Redes en salud: un nuevo paradigma para el abordaje de las organizaciones y la comunidad*. Secretaría de Salud Pública, Instituto Lazarte. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000120&pid=S1413-81232013000100020000023&lng=en

Rovere, M. (2004). *Algunas sugerencias para el desarrollo futuro de la red de investigación en sistemas y servicios de salud en el Cono sur de América Latina*. Red de Investigación en Sistemas y Servicios de Salud en el Cono Sur.

Sánchez, G. J., Rendón, M. R., Cervantes, E. F., & López, T. Q. (2013). El agente de cambio en adopción de innovaciones en agroempresas ovinas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *4*(3), 305-318. http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v4n3/v4n3a4.pdf

Sánchez, G. J., Rendón, M. R., & Cervantes, E. F. (2016). Effect of the intervention of an agent of change in local innovation networks. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *15*, 3023-3037. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.422

Tobón-Tobón, S., Parra-Acosta, H., & Pimienta-Prieto, J. (2016). Estudio inicial de las competencias claves de los directores educativos. Un enfoque socioformativo. En E. Rodríguez, A. López, & R. Rodríguez (Eds.), *Avances de investigación en la mejora de la educación en valores y formación docente integral* (pp. 101-114). Universidad Autónoma Indígena de México.

Zarazúa, J. A., Rendón, M. R., & Solleiro, R. J. (2011). *Análisis de redes sociales, innovación tecnológica y transferencia: estudio de caso en el sistema agroalimentario guayaba del oriente de Michoacán de Ocampo, México*. Editorial Academia Española.

Zarazúa, A. J., Almaguer, V. G., & Rendón, M. R. (2012). Capital social caso red de innovación de maíz en Zamora Michoacán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, *9*(68), 105-124. https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr9-68.cscr