

DINÁMICA DE INNOVACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) BAJO INVERNADERO EN PUEBLA, MÉXICO

INNOVATION DYNAMICS IN GREENHOUSE TOMATO (*Solanum lycopersicum*) PRODUCTION IN PUEBLA, MEXICO

Misael Mundo-Coxca¹, J. Luis Jaramillo-Villanueva², A. Isabel Barrera-Rodríguez³

¹Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Campus Puebla. Colegio de Postgraduados (misael_mundo_coxca@hotmail.com). ²Campus Puebla. Colegio de Postgraduados (jaramillo@colpos.mx). ³Universidad Autónoma Chapingo (ariadna.barrera@gmail.com).

RESUMEN

El uso de innovaciones tecnológicas en el cultivo de hortalizas bajo invernadero se traduce en altos rendimientos para los productores. Esta investigación, analiza el índice de adopción de innovaciones (InAI) en las unidades de producción de jitomate (UPJ) bajo invernadero en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec, estado de Puebla y su relación con el rendimiento del cultivo, además de conocer los actores implícitos en la difusión de innovaciones mediante un análisis de redes sociales. Se aplicaron 103 entrevistas a productores en el segundo semestre de 2017, utilizando un cuestionario estructurado. Se obtuvo un InAI global de 36%, destacando los componentes sanidad y nutrición que registraron un InAI de 57%. El análisis de redes sociales mostró que el aprendizaje de innovaciones se realiza principalmente entre productores a pesar de no contar con una organización formal. La asesoría técnica privada es la responsable de la transferencia de tecnologías en las UPJ. El InAI tiene una correlación positiva ($p < 0.05$) con el rendimiento de las UPJ, por lo que es de importancia para los tomadores de decisiones y en particular para los productores, el generar canales formales de comunicación que permitan intercambiar experiencias fomentando el aprendizaje en conjunto, con la finalidad de aumentar el InAI y en consecuencia mejorar el rendimiento de las UPJ en el estado.

Palabras clave: agricultura protegida, adopción de tecnología, innovación agrícola, redes sociales.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la superficie de invernaderos en el Estado de Puebla ha ido en aumento; en el año 2010 se registraron 43.39 hectáreas y

* Autor responsable ✦ Author for correspondence.

Recibido: mayo, 2019. Aprobado: noviembre, 2020.

Publicado como ARTÍCULO en ASyD 18: 431-444. 2021.

ABSTRACT

The use of technological innovations in greenhouse vegetable growing translates into high yields to the producers. This study analyzes the innovation adoption index (InAI) in tomato production units (TPUs) under greenhouses in the municipalities of Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco and Tochtepec, state of Puebla and its relationship with the crop's yield, in addition to understanding the stakeholders implicit in the dissemination of innovations through a social networks analysis. Interviews (103) were applied to producers in the second semester of 2017, using a structured questionnaire. A global InAI of 36% was obtained, highlighting the components of health and nutrition that showed an InAI of 57%. The social networks analysis showed that learning about innovations is done primarily between producers despite not having a formal organization. Private technical assistance is responsible for technology transfer in the TPUs, which is why it is important for decision makers and particularly for producers, by generating formal communication channels that allow exchanging experiences and fostering learning as a whole, with the aim of increasing the InAI and consequently improving the yield of TPUs in the state.

Key words: protected agriculture, technology adoption, agricultural innovation, social networks.

INTRODUCTION

In the last decade, the cultivated area of greenhouses in the state of Puebla has increased; in the year 2010, 43.39 hectares were found and in 2018 there were 2309 hectares (AMHPAC, 2017). Agricultural production in protected agriculture generated an economic spillover of 1292 million pesos in 2018 (AMHPAC, 2017), of which tomato (*Solanum lycopersicum* L.) represented 75%.

para 2018 había 2309 hectáreas (AMHPAC, 2017). La producción agrícola en agricultura protegida generó una derrama económica en 2018 de 1292 millones de pesos (AMHPAC, 2017), de la cual el jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) representó 75%. En el país, el jitomate es la principal especie cultivada bajo invernadero con 57.3% de la superficie cultivada (7737 ha), aportando un ingreso de 13 172 millones de pesos (AMHPAC, 2017). En 2016, México ocupó el primer lugar en exportaciones de esta hortaliza a nivel mundial, con 32.2% representando 1.61 millones de toneladas (FAO, 2017).

La agricultura protegida se define como un sistema agrícola tecnificado en el cual se lleva a cabo cierto control del medio edafoclimático, alterando sus condiciones: suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica (Castellanos-Ramos, 2004). Por otro lado, los invernaderos son construcciones agrícolas con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir las condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de cultivos (Juárez *et al.*, 2011); para su establecimiento, es importante que los productores cuenten con un respaldo financiero (Warman, 2001), además de contar con capacitación en todo el proceso de cultivo y comercialización (Moreno *et al.*, 2011).

En México existen 25 814 unidades de producción con agricultura protegida, de las cuales 65% son invernaderos, 10% son macrotúneles, 10% microtúnel y 15% son casa sombra (SIAP, 2015). Este sistema de producción ha seguido dos tendencias: la empresarial (con alto nivel tecnológico, capacidad de innovación orientada a las exportaciones y altamente competitiva) y la de pequeña escala o familiar (heterogénea con escaso nivel tecnológico y limitada innovación e inversión) (García *et al.*, 2011).

La innovación es la aplicación de nuevos conocimientos en los procesos productivos u organizacionales, ocurre cuando se da una apropiación social de los conocimientos, ideas, prácticas y tecnologías; es decir, cuando se traduce en un cambio que sea útil y beneficioso en el quehacer productivo u organizacional. En el caso particular de los invernaderos se puede hablar de la innovación tecnológica, ya que es la aplicación de nuevas ideas, conocimientos científicos o prácticas tecnológicas dirigidas al desarrollo, la producción y la comercialización de productos nuevos o mejorados (IICA, 2014).

In the country, tomato is the main crop grown in greenhouses with 57.3% of the cultivated area (7737 ha), contributing an income of 13,172 million pesos (AMHPAC, 2017). In 2016, Mexico occupied the first place in exports of this vegetable globally, with 32.2% representing 1.61 million tons (FAO, 2017).

Protected agriculture is defined as a modernized agricultural system, in which certain control of the soil-climate environment is conducted, altering its conditions: soil, temperature, solar radiation, wind, moisture and atmospheric composition (Castellanos-Ramos, 2004). On the other hand, greenhouses are agricultural constructions with a translucent cover that has the objective of reproducing the adequate climate conditions for growth and development of crops (Juárez *et al.*, 2011); for their establishment, it is important that the producers have financial assistance (Warman, 2001), in addition to receiving training in the entire cultivation and commercialization process (Moreno *et al.*, 2011).

In Mexico there are 25 814 production units with protected agriculture, of which 65% are greenhouses, 10% are macro tunnels, 10% micro tunnels, and 15% are shade houses (SIAP, 2015). Greenhouse production systems have followed two trends: the entrepreneurial (with high technological level, capacity of innovation directed towards exports, and highly competitive), and the small or family scale (heterogeneous with scarce technological level and limited innovation and investment) (García *et al.*, 2011).

Innovation is the application of new knowledge in the productive or organizational processes, it happens when there is social appropriation of knowledge, ideas, practices and technologies; that is, when it translates into a change that is useful and beneficial in productive or organizational work. In the particular case of the greenhouses there can be technological innovation, since it is the application of new ideas, scientific knowledge, or technological practices directed at the development, production and commercialization of new or improved products (IICA, 2014).

The process previous to the application of an innovation is its adoption, process where the individual goes from first knowledge of an innovation to forming a criterion and attitude, to a decision of adopting or rejecting, to the implementation of the new idea and its confirmation (Rogers, 2003;

El proceso previo a la aplicación de una innovación es su adopción, proceso donde el individuo pasa de un primer conocimiento de una innovación, a formarse un criterio y actitud, a una decisión de adoptar o rechazar, a la implementación de la nueva idea y a la confirmación de la misma (Rogers, 2003; Bibhunandini, 2020). En el ámbito agropecuario, la adopción de tecnología es un proceso mental, en el que los campesinos después de tener información suficiente por primera vez acerca de una innovación deciden aceptarla o rechazarla bajo la influencia de ciertos factores condicionantes (Mwangi y Kariuki, 2015).

A partir de la adopción de innovaciones se genera el proceso de difusión, el cual consiste en la comunicación de innovaciones en el tiempo y difundida por determinados canales, entre los miembros de un sistema social (Bibhunandini, 2020).

Rong y Mei (2013) señalan que, en el sector agrícola, la clave para la difusión y uso de innovaciones agrícolas, radica en la interacción entre agricultores, empresas, investigadores y gobiernos; es decir que cualquier innovación no puede ser llevada a cabo por una única empresa, sino en colaboración con otros agentes y como resultado de la interacción de los mismos. Por lo anterior, el enfoque de red de innovación permite comprender a la innovación como proceso social, esta red se compone por un conjunto de actores (personas, empresas, instituciones) ubicados en un territorio, compuesta por nodos que representan a los actores y lazos que significan las relaciones sociales, técnica y comercial (Liou y Daly, 2016).

Las redes son consideradas un elemento útil en los patrones de difusión y adopción de innovaciones utilizando métodos de análisis de redes sociales (Nyblom *et al.*, 2003). El análisis de redes sociales es una técnica matemática para analizar relaciones entre actores y los patrones e implicaciones de esas relaciones dentro de una estructura social (Aggarwal, 2011).

Existen estudios sobre los factores socio-económicos y técnico-productivos que inciden en la adopción de innovación en sistemas agrícolas como hortalizas (Almaguer *et al.*, 2012; García *et al.*, 2011), frutales (Zarazúa-Escobar *et al.*, 2011), forestales (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2016), y sistemas pecuarios como miel (Martínez-González *et al.*, 2018), ovinos (Martínez-González *et al.*, 2011), sobre incidencia en la rentabilidad de la producción de palma de aceite (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2015), sin embargo existen escasos estudios sobre el impacto

Bibhunandini, 2020). In the agriculture and livestock sphere, technology adoption is a mental process, where peasants after having sufficient information for the first time about an innovation decide to accept it or reject it under the influence of certain conditioning factors (Mwangi and Kariuki, 2015).

A dissemination process is generated from the adoption of innovations, which consists in the communication of innovations in time and the dissemination by specific channels, among the members of a social system (Bibhunandini, 2020).

Rong and Mei (2013) point out that in the agricultural sector, the key for the dissemination and use of agricultural innovations lies in the interaction between farmers, companies, researchers and governments; that is, an innovation cannot be implemented by a single enterprise, but rather in collaboration with other agents and as a result of the interaction between them. Therefore, the approach of innovation network allows understanding innovation as a social process, and this network is made up by a set of actors (people, companies, institutions) located in a territory, made up of nodes that represent the actors and links that mean the social, technical and commercial relationships (Liou and Daly, 2016).

The networks are considered a useful element in the dissemination and adoption patterns of innovations using social network analysis methods (Nyblom *et al.*, 2003). The social network analysis is a mathematical technique used to analyze relationships between actors and patterns and implications of these relationships within a social structure (Aggarwal, 2011).

There are studies about the socio-economic and technical-productive factors that impact the adoption of innovation in agricultural systems such as vegetables (Almaguer *et al.*, 2012; García *et al.*, 2011), fruit trees (Zarazúa-Escobar *et al.*, 2011), forests (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2016), and livestock systems such as honey (Martínez-González *et al.*, 2018), sheep (Martínez-González *et al.*, 2011), on the profitability of oil palm production (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2015); however, there are scarce studies on the impact of the adoption of innovation in the yield of production systems of vegetables under greenhouse (García *et al.*, 2011).

This study has the objective of knowing the innovation dynamics in greenhouse tomato producers in the municipalities of AQUIXTLA, Tetela de Ocampo,

de la adopción de innovación en el rendimiento de los sistemas de producción de hortalizas bajo invernadero (García *et al.*, 2011).

Este trabajo tiene como objetivo conocer la dinámica de innovaciones en productores de jitomate bajo invernadero en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec pertenecientes al estado de Puebla. Lo anterior, mediante la estimación de un índice de adopción de innovaciones (InAI) y el análisis del proceso de difusión. Este último se analizó empleando la técnica de redes sociales. Finalmente, se estimó la relación entre InAI y el rendimiento de cada unidad de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la zona de estudio

Aquixtla y Tetela de Ocampo se ubican en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. Estos municipios se ubican entre los 1200 a los 3200 msnm, las temperaturas están en el rango de los 12 a los 20°C, cuenta con un clima templado subhúmedo, la precipitación es de 600 a 1600 mm (INEGI, 2009). Por su parte Tecamachalco y Tochtepec se ubican en la provincia fisiografía del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, tienen temperaturas en el rango de 14 a 18°C, la precipitación en el rango de 500 a 700 mm, y el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009).

Se consideró la población de productores bajo invernadero mediante el uso del Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida (SIAPRO, 2011), que permitió localizar los municipios con el mayor número de unidades. La población objetivo del estudio fueron los productores de los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec (Figura 1) que representan el 43.5% de la superficie de invernaderos dedicados al cultivo de jitomate en el estado de Puebla (SIAP, 2013).

La población se integró por 338 productores distribuidos en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec. El tamaño de muestra, de 103 productores, fue calculado usando muestreo aleatorio simple, con una precisión de 10% de la media de la superficie de invernaderos existentes en el estado, y una confiabilidad de cinco por ciento.

El trabajo de campo consistió en la aplicación, en julio de 2017, de un cuestionario estructurado,

Tecamachalco and Tochtepec, belonging to the state of Puebla. This was done through the estimation of an innovation adoption index (InAI) and the analysis of the dissemination process. The latter was analyzed using the social networks technique. Finally, the relationship between the InAI and the yield in each production unit was estimated.

MATERIALS AND METHODS

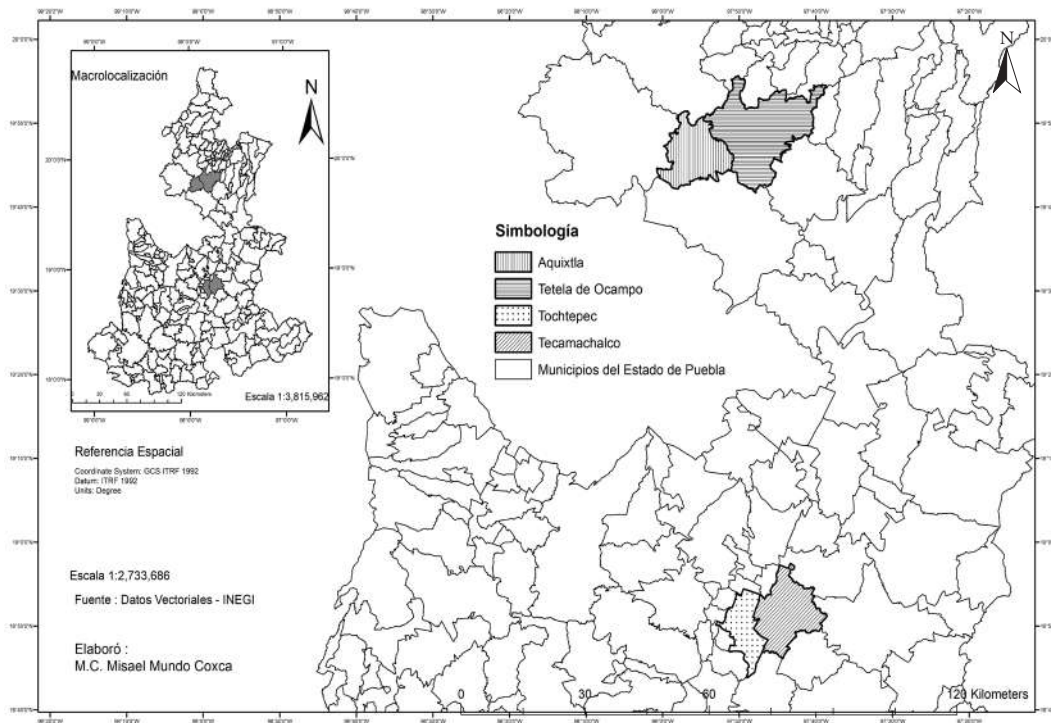
Location of the study zone

Aquixtla and Tetela de Ocampo are located in the physiographic province of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Sierra Madre Oriental. These municipalities are located between 1200 and 3200 masl, the temperatures are within the range of 12 to 20 °C, there is a sub-humid temperate climate, and rainfall is 600 to 1600 mm (INEGI, 2009). In their part, Tecamachalco and Tochtepec are located in the physiographic province of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Sierra Madre del Sur, have temperatures in the range of 14 to 18 °C, rainfall in the range of 500 to 700 mm, and the climate is sub-humid temperate with summer rains (INEGI, 2009).

The population of producers with greenhouses was considered through the use of the National Protected Agriculture Information System (*Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida*, SIAPRO, 2011), which allowed finding the municipalities with the highest number of units. The target population was the producers from the municipalities of Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco and Tochtepec (Figure 1), which represent 43.5% of the greenhouse surface devoted to the tomato crop in the state of Puebla (SIAP, 2013).

The population was integrated by 338 producers distributed in the municipalities of Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco and Tochtepec. The size of the sample, of 103 producers, was calculated using a simple random sample, with an accuracy of 10% of the mean surface area of existing greenhouses, and a reliability of five percent.

Field work consisted in the application, in June 2017, of a structured questionnaire, made up by the following sections: a) technical aspects of the greenhouse; b) production aspects (sowing, genetic material, soil preparation, farming tasks,



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2009). ♦ Source: prepared by the authors based on INEGI (2009).

Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios en estudio.
Figure 1. Geographic location of the municipalities in study.

integrado por las siguientes secciones: a) aspectos técnicos del invernadero; b) aspectos de producción (siembra, material genético, preparación del suelo, labores culturales, nutrición, sanidad, cosecha, así como aspectos administrativos, organización y comercialización); c) actores involucrados en el aprendizaje y transferencia de innovaciones; y d) proveedores de equipamiento e infraestructura en la unidad de producción.

Se calculó el Índice de Adopción de Innovaciones (InAI) de cada unidad de producción de jitomate (UPJ), este indicador permite medir el nivel de innovación de cada productor o empresa rural (Muñoz *et al.*, 2004). El InAI toma valores que van de cero a uno, cero indican un nivel de innovación nulo y uno determina la máxima presencia de innovación que puede adoptar un productor, este índice representa el porcentaje promedio de prácticas realizadas por el productor. Para cada uno de los productores resulta de promediar los valores del índice de adopción de innovaciones por categoría (IAIC), y se construye mediante la siguiente expresión (Muñoz *et al.*, 2007a):

nutrition, health, harvest, as well as administrative aspects, organization and commercialization); c) actors involved in the learning and transference of innovations; and d) suppliers of equipment and infrastructure in the production unit.

The Innovation Adoption Index (InAI) was calculated for each tomato production unit (TPU), and this indicator allows measuring the level of innovation of each producer or rural company (Muñoz *et al.*, 2004). The InAI takes values that range from zero to one, zero indicating a non-existing level of innovation and one determining the maximum presence of innovation that a producer can adopt; this index represents the average percentage of practices conducted by the producer. For each of the producers, it is the result of averaging the values of the innovation adoption index per category (IAIC) and it is constructed through the following expression (Muñoz *et al.*, 2007a):

$$InAI_i = \frac{\sum_{j=1}^n IAIC_{ik}}{k}$$

$$InAI_i = \frac{\sum_{j=1}^n IAIC_{ik}}{k}$$

donde $InAI_i$: índice de adopción de innovaciones del i -ésimo productor; $IAIC_{ik}$: índice de adopción del i -ésimo productor en la k -ésima categoría; k : número total de categorías.

Este índice se calculó por categorías de cada innovación y finalmente se promediaron las categorías propuestas. Para fines de esta investigación se calculó el InAI de 15 innovaciones en base a García *et al.* (2011), agrupadas en cuatro grupos o categorías; nutrición, sanidad, administración, y poscosecha (Cuadro 1).

Se obtuvo también la tasa de adopción de innovaciones (TAI), mostrando el porcentaje de productores adoptantes de cada innovación contenida en el catálogo de innovaciones mostrado anteriormente y se expresa en valores que van de 0 a 100%.

Posteriormente, para analizar los actores participantes en la difusión de innovaciones se empleó la técnica de análisis de redes sociales, la cual permitió identificar el patrón de comunicaciones interpersonales en el sistema social de los productores (Aggarwal, 2011). Para este análisis se preguntó a cada uno de los productores ¿de quién o quiénes aprendieron el cultivo de jitomate bajo invernadero? y ¿quién o quiénes les ha transferido una tecnología o innovación? Estas preguntas tuvieron la finalidad de obtener un vínculo dirigido con alguno de los actores clave de la red

where $InAI_i$: innovation production index of the i -th producer; $IAIC_{ik}$: adoption index of the i -th producer in the k -th category; k : total number of categories.

This index was calculated by categories of each innovation and finally the categories proposed were averaged. For purposes of this study, the InAI of 15 innovations was calculated based on García *et al.* (2011), grouped into 4 groups or categories: nutrition, health, administration and post-harvest (Table 1).

The innovation adoption rate (IAR) was also obtained, showing the percentage of adopting producers of each innovation contained in the innovations catalogue showed previously and it is expressed in values that range from 0 to 100%.

Then, to analyze the participating actors in the dissemination of innovations, the social networks technique was used, which allowed identifying the pattern of interpersonal communications in the social system of the producers (Aggarwal, 2011). For this analysis, each of the producers was asked: From whom did you learn to grow tomato in a greenhouse? And, who has transferred technology or innovation? These questions had the purpose of obtaining a directed link with one of the key actors of the innovation network (producer from the same zone, technical adviser, government agency, specialist from a research center, the producer himself (self-taught), and input supplier).

Two values were assigned for each response, zero when there was no relationship with any of the actors and one for the relationship with one of them. Once

Cuadro 1. Categorización de innovaciones en los sistemas de producción bajo invernadero.

Table 1. Categorization of innovations in greenhouse production systems.

Categoría	Descripción de innovaciones
Nutrición	1) Aplicación de abonos previos a la siembra, 2) análisis de suelo, 3) análisis de conductividad eléctrica y pH en el agua, 4) fertilización orgánica
Sanidad	5) uso de equipo de protección en la aplicación de agroquímicos, 6) desinfección del material de trabajo en las labores culturales, 7) podas sanitarias, 8) control biológico de plagas, 9) desinfección de suelo en cada ciclo productivo.
Administración	10) uso de bitácora en tareas a realizar en cada UP, 11) capacitación comercial de los propietarios, 12) capacitación de personal de trabajo, 13) recepción de asesoría técnica privada
Poscosecha y uso de material genético	14) instalación especial para empaque de producto y 15) uso de al menos dos diferentes variedades en los últimos dos años.

Fuente: elaboración propia con base en García *et al.* (2011). ♦ Source: prepared by the authors based on García *et al.* (2011).

de innovaciones (productor de la misma zona, asesor técnico, dependencia de gobierno, especialista de un centro de investigación, el mismo productor (autodidacta), y proveedor de insumos).

Para cada respuesta se asignaron dos valores, cero al no existir relación con alguno de los actores y uno para la relación con alguno de ellos. Una vez calculados los indicadores para cada productor, se generó el mapeo de las redes y se obtuvieron los siguientes indicadores: densidad y centralización. La densidad representa el número de vínculos presentes en la red, mide la cohesión entre los actores presentes (Borgatti *et al.*, 2018). La centralidad mide el grado en el cual una red está dominada por un solo nodo (Borgatti *et al.*, 2018).

Una vez generados los indicadores de densidad y centralidad de la red, se identificó también la centralidad de grado de los nodos referentes a los actores clave, para conocer el grado de entrada el cual indica la suma de las relaciones referidas hacia un actor por otros, y el grado de salida se refiere a la suma de las relaciones que los actores dicen tener con el resto, ambos indicadores permiten medir el número de vínculos que recibe cada uno de los actores y definir su importancia en la red (Borgatti y Dreyfus, 2003; Borgatti, 2006).

Para la representación gráfica de la red y el cálculo de indicadores se utilizó el programa Ucinet y NetDraw (Borgatti *et al.*, 2018) respectivamente. Para el análisis de los datos provenientes de la información de campo se emplearon los programas Excel y SPSS. Finalmente, se realizó una correlación de Pearson y un análisis de regresión simple entre el InAI y la variable de rendimiento, con la finalidad de conocer la incidencia de las innovaciones en la productividad de cada UPJ.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de Adopción de Innovaciones.

El porcentaje del InAI de los productores de jitomate en Puebla fue de 36%, con un mínimo de 18%, un máximo de 66% y desviación estándar de 0.101 (27% del valor de la media). El valor de InAI estimado es mayor, en comparación a otros cultivos, como el reportado por productores de maíz en el Estado de México con 13.3% (Muñoz *et al.*, 2007b) y el de los hortalizeros del Distrito Federal con un 15% (Almaguer *et al.*, 2012), muy similar a lo encontrado por García *et al.* (2011) con los productores de jitomate

the indicators for each producer were calculated, the network map was generated, and the following indicators were obtained: density and centralization. The density represents the number of links in the network, and measures the cohesion between the actors present (Borgatti *et al.*, 2018). Centrality measures the degree to which a network is dominated by a single node (Borgatti *et al.*, 2018).

Once the indicators of density and centrality of the network were generated, the centrality of the degree of the nodes referring to key actors was also identified, to understand the degree of entry which indicates the sum of the relationships referred towards an actor by others, and the degree of exit which refers to the sum of relationships that actors say they have with the rest; both indicators allow to measure the number of links that each of the actors receives and to define its importance in the network (Borgatti and Dreyfus, 2003; Borgatti, 2006).

For the graphic representation of the network and the calculation of indicators, Ucinet and NetDraw software were used (Borgatti *et al.*, 2018), respectively. For the analysis of the data from the field information, Excel and SPSS software were used. Finally, a Pearson's correlation was performed and a simple regression analysis between InAI and the yield variable, with the aim of understanding the impact of innovations on each TPU's productivity.

RESULTS AND DISCUSSION

Innovation Adoption Index

The percentage of InAI of tomato producers in Puebla was 36%, with a minimum of 18%, a maximum of 66%, and a standard deviation of 0.101 (27% of the mean value). The InAI value estimated is higher, compared to other crops, such as those reported by maize producers in Estado de México with 13.3% (Muñoz *et al.*, 2007b) and vegetable producers from Distrito Federal with 15% (Almaguer *et al.*, 2012), very similar to what was found by García *et al.* (2011) with tomato producers in Tlaxcala with 33%, and lower than what was reported by Zarazúa-Escobar *et al.* (2011) in strawberry production with 55.56% adoption. According to the author, this high percentage was due to the intensive cultivation of the strawberry crop. The categories of health and nutrition presented a percentage higher than 50%

en Tlaxcala con 33%, y menor a lo reportado por Zarázua-Escobar *et al.* (2011) en la producción de fresa con 55.56% de adopción. De acuerdo con el autor, este porcentaje alto se debió a lo intensivo del cultivo de la fresa. Las categorías de sanidad y nutrición presentaron un porcentaje mayor a 50% (Figura 2).

Este valor es superior al reportado por García *et al.* (2011) para productores de jitomate en Tlaxcala. Esto puede deberse a la importancia que los productores dieron al control de plagas y enfermedades, al uso de fertilizantes y complementos nutrimentales en la planta.

Las innovaciones tecnológicas menos adoptadas fueron: control biológico de plagas (5.8%), capacitación comercial (12.6%), uso de al menos 2 diferentes variedades de jitomate en los últimos dos años (25%), esto puede deberse a la poca información acerca de los beneficios del control biológico de plagas o por que los productores lo consideran caro. Sobre la capacitación comercial, 10.5% de los productores consultaron a instituciones o técnicos especialistas en el plano comercial para capacitarse, debido a que la comercialización es principalmente mediante intermediarios; y finalmente, la mayor parte de los productores no han usado más de dos variedades, debido a que en su experiencia, al menos una o máximo dos les han brindado buenos resultados y prefieren seguirlos usando y no entrar en pruebas de ensayo y error con algunas otras variedades.

Las innovaciones más adoptadas fueron la desinfección del material de trabajo en la UPJ (74.7%), la aplicación de abonos previo a la siembra (80.5%), desinfección del suelo durante cada ciclo de cultivo (82.55) y el uso de equipo de protección en la aplicación de agroquímicos (86.4%), esto debido a que los productores consideran la limpieza como un factor que afecta positivamente la producción de flor y evita la aparición de enfermedades fúngicas. De hecho, la mayoría de los invernaderos cuenta con exclusas y tapetes fitosanitarios, que contribuyen a cuidar la salud de los trabajadores cuando aplican agroquímicos; en el plano nutricional, los productores consideran que el aporte de abonos animales (equino, ovino y vacuno) al suelo brinda un mejor crecimiento a la planta y evitan la dependencia en el uso de productos químicos (Figura 3).

Es importante mencionar que, para el estudio de las innovaciones referentes a administración, se consideró una subcategoría referida a la organización de productores en la contratación de servicios de manera colectiva como lo sugieren García *et al.* (2011). Por

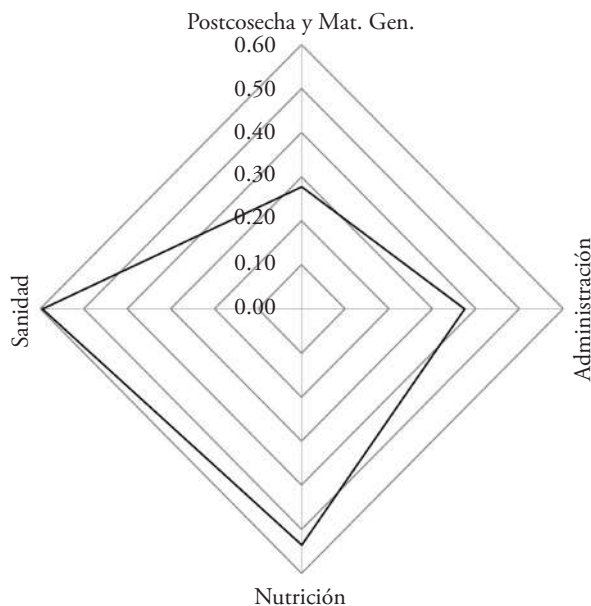


Figura 2. Índice de adopción de innovaciones por categoría en los municipios del estudio.

Figure 2. Innovation adoption index per category in the municipalities of study.

(Figure 2). This value is higher than what was reported by García *et al.* (2011) for tomato producers in Tlaxcala. This can be due to the importance that producers gave to pest and disease control, to the use of fertilizers, and to nutritional complements in the plant.

The less adopted technological innovations were: biological control of pests (5.8%), commercial training (12.6%), use of at least 2 different varieties of tomato in the last two years (25%); this can be because of the scarce information about the benefits of biological pest control or because the producers consider it to be expensive. Regarding commercial training, 10.5% of the producers consulted specialist institutions or technicians in the commercial sphere to receive training, because commercialization is mainly through intermediaries; and finally, most of the producers have not used more than 2 varieties, because in their experience at least one or maximum two have given good results and they prefer to continue using them and not enter trial and error testing with some other varieties.

The most adopted innovations were disinfecting the working material in the TPU (74.7%), applying fertilizer before sowing (80.5%), disinfecting the soil during each cultivation cycle (82.55%), and using protection equipment in the application of

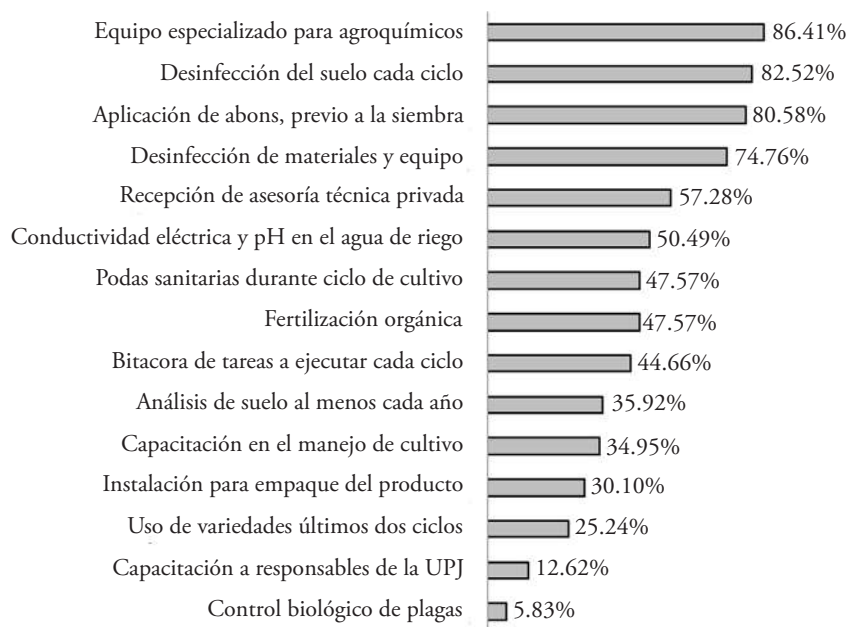


Figura 3. Tasa de adopción de innovaciones en los municipios del estudio.

Figure 3. Innovation adoption rate in the municipalities of study.

tanto, se preguntó a cada encuestado si pertenecía a alguna organización o si realizaban compras en conjunto de algún insumo necesario en la producción, a lo que 100% contestó que no pertenecen a ninguna organización y las compras las realizan individualmente o el proveedor de insumos los visita hasta su UPJ, motivo por lo que no fue incluido en el InAI.

Al no haber una organización entre productores decrece la adopción de innovaciones, ya que las individualidades en la red de actores que componen las UPJ limita dar valor agregado o vender sus productos de manera más adecuada (Sánchez *et al.*, 2016), este fenómeno ocurre de manera similar en productores de hortalizas de la Ciudad de México según Almaguer *et al.* (2012), donde el bajo nivel de adopción de innovaciones se debe a la poca organización social. El InAI de las UPJ con 36% indica una baja tasa de adopción, por lo que es necesario conocer los flujos de información entre los diferentes actores, que permitan localizar los elementos para que los tomadores de decisiones con estrategias dirigidas puedan incrementar dicho índice (Muñoz *et al.*, 2004).

Red de aprendizaje

La red presentó 113 vínculos y una densidad de 1% de los vínculos posibles en toda la red, esto significa que

agrichemicals (86.4%), this is because producers consider cleanliness as a factor that positively affects the production of flower and prevents the appearance of fungal diseases. In fact, most of the greenhouses have sluiceways and phytosanitary mats that contribute to taking care of the workers' health when they apply agrichemicals; in the nutritional scope, the producers consider that the contribution of animal manure (equine, ovine and bovine) to the soil provides a better growth to the plant and avoids the dependency on the use of chemical products (Figure 3).

It is important to mention that, for the study of innovations referring to management, a subcategory referred to producers' organization was considered in hiring services collectively as suggested by García *et al.* (2011). Therefore, each survey respondent was asked if he belonged to an organization or if they carried out purchases as a whole of an input necessary for production, to which 100% answered that they do not belong to any organization and that they conduct purchases individually or the input suppliers visit them in their TPUs, reason why it was not included in the InAI.

Since there is not an organization among producers, innovation adoption decreases since individuality in the network of actors that make

cada uno de los integrantes de la red tienen en promedio un vínculo entre sí, lo cual significa un bajo flujo de información en la red, muy similar a lo encontrado por Aguilar-Gallegos *et al.* (2016) con productores de hule, y García-Sánchez *et al.* (2011), en productores de jitomate en Tlaxcala con densidades menores a 1%, los autores mencionan que los niveles de adopción están asociados con un crecimiento y consolidación de las unidades de producción.

La centralidad de la red es en mayor grado de entrada (42.95%) que de salida (1%). La centralidad de grado de los actores es la siguiente: de los 113 vínculos, 43.5% de la red ha aprendido de algún otro productor (aprendizaje entre pares), 24.1% ha aprendido de un asesor técnico privado, 23.1% lo ha aprendido de forma autodidacta, el resto ha aprendido de una entidad gubernamental (GOB) (6.5%), del proveedor de insumos (PROV) (6.5%) y solo un productor mencionó haber aprendido de un especialista de investigación (ESP_I) (Figura 4). Espejel-García *et al.* (2014) menciona que en sistemas de producción de leche en el valle del Mezquital los productores aprenden en 50 % por experimentación propia (autodidacta) y de otros productores (entre pares).

Esto indica que los productores aprenden de sus vecinos o familiares dedicados a este tipo de producción ya sea por comunicación directa o replicando

up the TPUs limits giving added value and/or selling their products adequately (Sánchez *et al.*, 2016); this phenomenon takes place in a similar way among vegetable producers in Mexico City according to Almaguer *et al.* (2012), where the low level of innovation adoption is due to the scarce social organization. The InAI of the TPUs with 36% indicates a low adoption rate, which is why it is necessary to understand the information flows between the different actors, that allow locating the elements for decision makers with directed strategies to increase that index (Muñoz *et al.*, 2004).

Learning network

The network presented 113 links and a density of 1% of the possible links in the entire network. This means that each of the members of the network have on average one link between them, which means a low flow of information in the network, very similar to what was found by Aguilar-Gallegos *et al.* (2016) with rubber producers, and García-Sánchez *et al.* (2011) with tomato producers in Tlaxcala with densities under 1%; the authors mention that adoption levels are associated with the growth and consolidation of the production units.

The centrality of the network is higher in the degree of entry (42.95%) than exit (1%). The

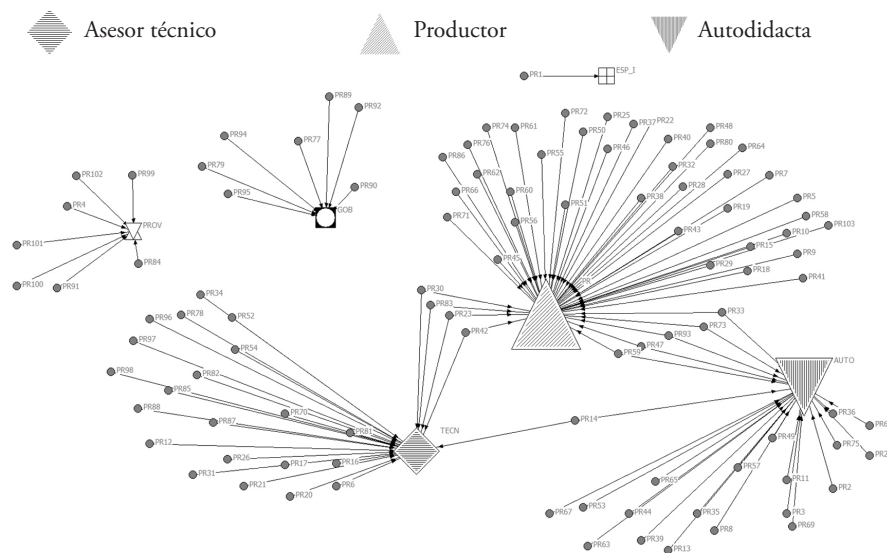


Figura 4. Red de aprendizaje en el cultivo de jitomate bajo invernadero en los municipios de estudio.
 Figure 4. Learning network in greenhouse tomato cultivation in the municipalities of study.

las actividades que estos realizan, documentándose por sus propios medios y pagando asesoría privada con técnicos especializados en el cultivo. Conforme al diagrama de la red (Figura 4), se puede observar que al menos 10 productores (PR30, PR83, PR23, PR42, PR14, PR33, PR47, PR59, PR73, PR93) han aprendido de forma autodidacta, compartiendo información con otros integrantes de la red y con la guía de técnicos especializados.

Red de transferencia de innovaciones

Esta red presentó 120 vínculos, con una densidad de 0.8%, indicando que al menos cada uno de los productores tiene en promedio un vínculo entre sí. La red registró una centralidad de grados de entrada y salida de 52.9% y 0.8% respectivamente, mientras que la centralidad de grado de los actores clave es la siguiente: los asesores técnicos privados han transferido algún tipo de innovación a 52.7% de los vínculos, 33.33% ha implementado una innovación de forma autodidacta, 13.89% le ha sido transferida una innovación mediante los proveedores de insumos, el resto ha sido mediante otros productores (9.25%), y solo a dos productores (1.8%) les han transferido algún tipo de innovación una entidad gubernamental y un especialista de investigación. De acuerdo con García *et al.* (2011) los proveedores de insumos tienen un papel importante como difusores de innovación en temas como fertilización y control de plagas y enfermedades. El diagrama de la red muestra que los productores reciben algún tipo de innovación por parte de la asesoría técnica que pagan, además de que al menos el 10% de la muestra comparte sus conocimientos con el resto de los productores (Figura 5).

Relación entre el InAI y el rendimiento de las UPJ en los municipios de estudio

Una vez obtenido el InAI, se realizó un análisis de correlación, con la finalidad de saber si existe una asociación entre la variable InAI y el rendimiento de cada UPJ; el coeficiente de correlación de Pearson obtenido es de 0.504 (Cuadro 2), indicando que la correlación es significativa ($p < 0.05$), por lo que existe una asociación positiva entre ambas variables.

Habiendo obtenido una correlación significativa ($p < 0.05$) entre el InAI y rendimiento de las UPJ, se realizó un análisis de regresión lineal, con

centrality degree of the actors is the following: of the 113 links, 43.5% of the network has learned from another producer (learning between peers), 24.1% have learned from a private technical adviser, 23.1% have learned by being self-taught, the rest has learned from a government agency (GOB) (6.5%), the input supplier (PROV) (6.5%), and only one producer mentioned having learned from a research specialist (ESP_I) (Figure 4). Espejel-Garcí *et al.* (2014) mentions that in milk production systems in Valle del Mezquital, producers learn in 50% from their own experimentation (self-taught) and from other producers (between peers).

This indicates that producers learn from their neighbors or family members devoted to this type of production, whether from direct communication or by replicating the activities that these perform, documenting them by their own means and paying private consultation with technicians specialized in the crop. According to the network diagram (Figure 4), it can be observed that at least 10 producers (PR30, PR83, PR23, PR42, PR14, PR33, PR47, PR59, PR73, PR93) have learned by being self-taught, sharing information with other members of the network, and with the guide of specialized technicians.

Innovation transference network

This network presented 120 links, with a density of 0.8%, indicating that at least each of the producers have on average one link between each other. The network showed centrality degrees of entry and exit of 52.9% and 0.8%, respectively, while the centrality degree of the key actors is the following: private technical advisers have transferred some type of innovation to 52.7% of the links, 33.33% have implemented an innovation from being self-taught, 13.89% have transferred an innovation through input suppliers, the rest has been through other producers (9.25%), and only two producers (1.8%) have had transferred some type of innovation from a government agency and a research specialist. According to García *et al.* (2011), the input suppliers have an important role as disseminators of innovation in themes such as fertilization and pest and disease control. The network diagram shows that the producers receive some type of innovation from the technical assistance that they pay, in addition to

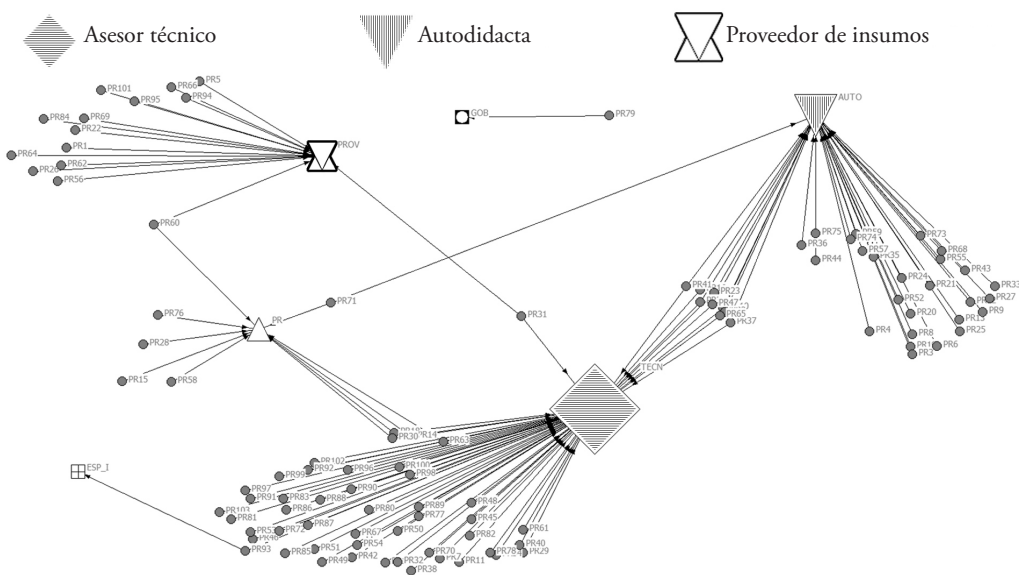


Figura 5. Red de transferencia de innovaciones en las UPJ.
Figure 5. Innovation transference network in the TPUs.

lo cual se obtiene el siguiente modelo: Rendimiento=0.06+0.504 InAI, esto significa que por cada unidad que aumente el InAI, el rendimiento se incrementa 0.504 t ha⁻¹ (Cuadro 3); por lo tanto, se muestra que el rendimiento se incrementa en función del InAI. Tanto el coeficiente de regresión como el valor de F confirman que existe un buen ajuste del modelo.

CONCLUSIONES

La importancia económica del cultivo de jitomate bajo invernadero en el estado de Puebla, considerando el valor de la producción y el empleo que genera, justifican promover el aumento de la tasa de adopción de innovaciones, ya que existe un amplio margen para mejorar el rendimiento. De especial interés es promover una mayor adopción de control biológico de plagas, fertilización, uso de variedades y poda.

at least 10% of the sample sharing their knowledge with the rest of the producers (Figure 5).

Relationship between the InAI and the yield of TPUs in the municipalities of study

Once the InAI was obtained, a correlation analysis was carried out with the aim of knowing if there is an association between the variable InAI and the yield from each TPU; the Pearson’s correlation coefficient obtained was 0.504 (Table 2), indicating that the correlation is significant (p<0.05), which means a positive association between both variables.

Having obtained a significant correlation (p<0.05) between the InAI and the yield of TPUs, a linear regression analysis was conducted, with which the following model is obtained: Yield=0.06+0.504 InAI, which means that for each unit that increases

Cuadro 2. Valor de correlación de Pearson entre InAI y rendimiento de las UPJ en los municipios de estudio.
Table 2. Pearson’s correlation value between the InAI and the yield of TPUs in the municipalities of study.

		Rendimiento de la unidad de producción (t ha ⁻¹)	InAI
Rendimiento de la unidad de producción (t ha ⁻¹)	Correlación de Pearson	1	0.504**
	Sig. (bilateral)	—	0.000
	N	103	103.000

La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral). ❖ *The correlation is significant at level 0.01 (bilateral).

Cuadro 3. Valor de coeficientes de la regresión entre InAI y rendimiento de jitomate en los municipios de estudio.

Table 3. Value of regression coefficients between the InAI and tomato yield in the municipalities of study.

Variable*	Coefficiente	Error tip.	Valor de t	Intervalo de confianza	
Constante	0.060	0.0309	1.943	0.0451	0.749
InAI	0.504	0.0859	5.867	0.3920	0.609
R ² ajustada	0.55				
Valor de F	34.43				

*Variable dependiente: rendimiento de la UPJ ($t\ ha^{-1}$). ♦ *Dependent variable: Yield of the TPU ($t\ ha^{-1}$).

Debido a que no existe una organización de productores de jitomate, el bajo flujo de información en la red genera bajos niveles de intercambio de información; los productores aprenden a partir del intercambio de conocimientos entre pares. Dos acciones se derivan de los resultados; identificar a los productores innovadores e incluirlos en una estrategia de extensión y capacitación y promover una organización de productores que potencialice la adopción de innovaciones, tales como foros de intercambio de experiencias y espacios de difusión de innovaciones promovidos por los programas de la política pública, gobierno e instituciones de educación e investigación local.

LITERATURA CITADA

- Aggarwal, C. C. 2011. An introduction to social network data analytics. *In*: Social network data analytics. Springer, Boston, MA. pp: 1-15.
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez G. E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., y García-Sánchez, E. I. 2016. Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y la radialidad. *Revista Estudios Gerenciales*, 32(140), 197-207.
- Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez M., Santoyo-Cortés H., Aguilar-Ávila J., and Klerky L. 2015. Information networks that generate economic value: A study on cluster of adopters of new or improved technologies and practices among oil palm grower in México. *Agricultural Systems*, 135:122-132.
- Almaguer Vargas, G., Ayala Garay A. V., Schwentesius Rindermann R., y Sangerman-Jarquín D. M. (2012). Rentabilidad de hortalizas en el Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 643-654.
- AMHPAC (Asociación Mexicana de Horticultura Protegida AC) 2017. Agricultura Protegida en México. <https://www.gob.mx/inea/documentos/asociacion-mexicana-de-horticultura-protegida-a-c>
- Bibunandini, D. 2020. Diffusion of innovations: Theoretical perspectives and empirical evidence, *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*. 1-10.
- Borgatti, S. P. 2006. Identifying sets of key players in a social network. *Computational and Mathematical Organization Theory*. 12 (1), 21-34.
- Borgatti, S. P., and Dreyfus D. E. 2003. Keyplayer: naval re-

the InAI, the yield will increase $0.504\ t\ ha^{-1}$ (Table 3); therefore, it is shown that the yield increases in function of the InAI. Both the regression coefficient and the F value confirm that there is a good adjustment of the model.

CONCLUSIONS

The economic importance of the tomato crop under greenhouses in the state of Puebla, considering the production value and the employment that it generates, justify promoting the increase of the innovation adoption rate, since there is a broad margin to improve the yield. Promoting a higher adoption of biological pest control, fertilization, use of varieties and pruning is of special interest.

Since there is not an organization of tomato producers, the low flow of information in the network generates low levels of information exchange; producers learn from the exchange of knowledge between peers. Two actions are derived from the results: to identify the innovating producers and include them in a strategy for expansion and training, and to promote a producers' organization that strengthens the adoption of innovations, such as meetings to exchange experiences and spaces for innovation dissemination promoted by public policy programs, the government, and local education and research institutions.

—End of the English version—



- search software. Lexington, KY, Harvard, Analytic Technologies. USA.
- Borgatti, S. P., Everett M. G., and Johnson J. C. 2018. Analyzing social networks. Sage. Publications Limited, 304 p.
- Castellanos-Ramos, J. 2004. Manejo de la ferti-irrigación en

- suelo. *In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. J Z Castellanos-Ramos (ed.). 2a. ed. ITAGRI. México, pp: 103-123.
- Espejel-García, A., Cuevas-Reyes V., Muñoz-Rodríguez M., Barrera-Rodríguez A., Cervantes-Escoto F., y Sosa-Montes M. (2014). Sistema Regional de Innovación y Desarrollo Rural Territorial; pequeños productores de leche del valle del Mezquital, Estado de Hidalgo, México. *Spanish Journal of Rural Development*, 5(2).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. Estadísticas mundiales sobre la producción y comercialización de jitomate. (Consultado 3 de octubre 2017). Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>.
- García S. E. I., Aguilar Á. J., y Bernal M. R. 2011. La agricultura protegida en Tlaxcala. Méjico: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización *Teuken Bidikay*, 2(2), 193-212.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2014. La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible. Posicionamiento institucional del IICA. 2014. (Consultado 3 de octubre 2015). Disponible en: http://legacy.iica.int/Esp/Programas/Innovacion/Documentos%20de%20Tecnologia%20e%20Innovacin/Innovaci%C3%B3n_PP_es.pdf.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal). Marco Geo estadístico 2009 versión 4.3 (Censos Económicos 2009). (Consultado 12 de agosto de 2014).
- Juárez L. P., Bugarin M. R., Castro B. R., Sánchez M. A. L., Cruz-Crespo E., Juárez R. C. R., Alejo S. G., y Balois M. R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*, (8), 21-27.
- Liou, Y. H., and Daly A. J. 2016. Diffusion of innovation: a social network and organizational learning approach to governance of a districtwide leadership team. *Pedagogía Social. Revista Interuniversitaria*, (28), 41-55.
- Martínez-González, E. G., Arroyo-Pozos H., Aguilar-Gallegos N., García Álvarez-Coque J. M., Santoyo-Cortés V. H., y Aguilar-Ávila J. 2018. Dinámica de adopción de buenas prácticas de producción de miel en la península de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1), 48-67.
- Martínez-González, E. G., Muñoz-Rodríguez M., García-Muñiz J. G., Santoyo-Cortés V. H., Altamirano-Cárdenas J. R., y Romero-Márquez C. 2011. El fomento de la ovinocultura familiar en México mediante subsidios en activos: lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 367-377.
- Moreno Reséndez, A., Aguilar Durón J., y Luévano González A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29(1345-2016-104296), 763-774.
- Muñoz, R. M., Altamirano C. J. R., Aguilar A. J., Rendón M. R., García M. J. G., y Espejel G. A. 2007b. Innovación: motor de la competitividad agroalimentaria, políticas y estrategias para que en México ocurra. UACH-CIESTAAM. México.
- Muñoz, R. M., Rendón M. R., Aguilar J. J., Altamirano C. J. R., y Zarazúa-Escobar J. A. 2007a. Metodología para la gestión de redes territoriales de innovación: aplicaciones en el ámbito rural. Texcoco, Estado de México, Fundación Produce Michoacán A. C. y Universidad Autónoma Chapingo, 75 p.
- Muñoz, R. M., Rendón M. R., Aguilar J., García J. G., y Altamirano R. 2004. Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural. Texcoco, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo y Fundación Produce Michoacán A. C., 75 p.
- Mwangi, M., and Kariuki S. 2015. Factors determining adoption of new agricultural technology by smallholder farmers in developing countries. *Journal of Economics and sustainable development*, 6(5).
- Nyblom, J., Borgatti S., Roslakka J., and Salo M. A. 2003. Statistical analysis of network data—an application to diffusion of innovation. *Social Networks*, 25(2), 175-195.
- Rogers, Everett M. 2003. *Diffusion of Innovations* (5th Edition). New York: Free Press, 453 p.
- Rong, X., and Mei Q. 2013 October. Diffusion of innovations revisited: from social network to innovation network. In *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Information & Knowledge Management*. pp: 499-508.
- Sánchez, G. J., Rendón M. R., Díaz J. J., y Sonder, K. 2016. El soporte institucional en la adopción de innovaciones del productor de maíz: región centro, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(SPE15), 2925-2938.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. *INFORMA, Una mirada al panorama Agroalimentario de México y el mundo. Agricultura protegida: productos todo el año*. Julio 18, 2013. Número 2. México. (Consultado 20 de mayo de 2014). Disponible en: <http://www.cam-pomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. *Acciones y Programas, Publicaciones SIAP. Atlas Agroalimentario 2015, Con los Pies en la Tierra*. (Consultado 15 de marzo de 2015). Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2015/Atlas-Agroalimentario-2015
- SIAPRO (Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida). 2011. (Consultado 26 de septiembre de 2015). Disponible en: <http://www.agriculturaprotegida.siap.gob.mx:8080/inver/map.phtml>.
- Warman, Arturo. 2001. *El campo mexicano en el siglo XXI*. 1ª ed. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D.F., 262 p.
- Zarazúa-Escobar, J. A., Almaguer-Vargas G., y Márquez-Berber S. R. 2011. Redes de innovación en el sistema productivo fresa en Zamora, Michoacán. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(1), 51-60.