



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y
ECONÓMICO EN EL CULTIVO DE JITOMATE (*Lycopersicon
esculentum Mill.*) BAJO INVERNADERO EN EL ESTADO DE PUEBLA**

MISAEEL MUNDO COXCA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

DOCTOR EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **M.C. Misael Mundo Coxca**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Juan Morales Jiménez**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO EN EL CULTIVO DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO INVERNADERO EN EL ESTADO DE PUEBLA**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 21 de noviembre de 2018.

M.C. Misael Mundo Coxca

Estudiante

Vo. Bo. Dr. Juan Morales Jiménez

Profesor Consejero

La presente tesis, titulada: **Innovación tecnológica y desempeño productivo y económico en el cultivo de jitomate** (*Lycopersicon esculentum Mill.*) **bajo invernadero en el estado de Puebla**, realizada por el alumno: **Misael Mundo Coxca**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

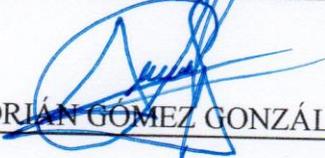
CONSEJO PARTICULAR


CONSEJERO: DR. JUAN MORALES JIMÉNEZ


ASESOR: DR. JOSÉ LUIS JARAMILLO VILLANUEVA


ASESOR: DR. JUVENTINO OCAMPO MENDOZA


ASESOR: DR. ANTONIO MACÍAS LÓPEZ


ASESOR: DR. ADRIÁN GÓMEZ GONZÁLEZ

Puebla, Puebla, México, 9 de Noviembre de 2018

**INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO
EN EL CULTIVO DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO
INVERNADERO EN EL ESTADO DE PUEBLA**

Misael Mundo Coxca, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2018

Esta tesis comprende el estudio de 103 unidades productoras de jitomate (UPJ) bajo invernadero en 4 municipios del estado de Puebla. El documento se compone por cuatro capítulos, el primero calcula el crecimiento de los invernaderos en la zona de estudio, el segundo caracteriza el nivel tecnológico de las UPJ; el tercero describe la dinámica de innovaciones, obteniendo el índice de adopción de innovaciones (InAI) y los actores relevantes en su difusión, así como la relación entre el InAI y rendimiento en las UPJ; el cuarto capítulo analiza la rentabilidad de las UPJ utilizando el indicador financiero de la relación beneficio costo (B/C). Del año 2006 a 2017 los invernaderos aumentaron en superficie un 150% en la zona de estudio. Las UPJ cuentan con un rendimiento promedio de 152 t ha⁻¹ y una superficie promedio de 3,900m², su Índice Tecnológico (IT) es principalmente bajo (66%) y medio (25%), influenciado por la superficie cultivada, el nivel escolar y la experiencia en la producción bajo invernadero de los productores; el rendimiento en las UPJ aumenta conforme al IT. El InAI promedio es de 36% y tiene una correlación positiva con el rendimiento, el aprendizaje de innovaciones se realiza principalmente entre productores y la asesoría técnica privada es la responsable de la transferencia de tecnologías. Los indicadores de B/C para las UPJ son valores que van de 1.14 a 2.31, por lo que son rentables, estos aumentan conforme al IT en la UPJ. Es necesario generar una estrategia conjunta entre dependencias del sector gubernamental, centros de investigación y productores, que permitan el acceso de asesoría especializada, capacitación y vinculación que permitan la transferencia de conocimientos y tecnología en el manejo del cultivo, dado que un mayor IT representa un aumento en el rendimiento y se traduce en mayores ganancias, generación de empleo, disminución de migración y un desarrollo económico en las zonas productoras.

Palabras clave: innovación, invernadero, jitomate, tecnología.

**TECHNOLOGICAL INNOVATION AND PRODUCTIVE AND ECONOMIC
PERFORMANCE IN GREENHOUSE TOMATO CULTIVATION (*Lycopersicon
esculentum Mill.*) IN THE STATE OF PUEBLA**

Misael Mundo Coxca, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2018

This thesis includes the study of 103 greenhouse tomato producing units (TPU) in 4 municipalities of the state of Puebla. This document is composed by four chapters, the first one calculates the growth of greenhouses in the study area, the second one characterizes the technological level of TPU; the third describes the dynamics of innovations, obtaining the adoption of innovations index (InAI) and the relevant actors in its dissemination, as well as the relationship between InAI and yield in the TPU; the fourth chapter analyzes the profitability of TPU using the financial indicator of the cost benefit ratio (B / C). From year 2006 to 2017 greenhouses increased in area by 150% in the study area. The TPU have an average yield of 152 t ha⁻¹ and an average surface area of 3,900 m², its Technological Index (TI) is mainly low (66%) and medium (25%), influenced by the cultivated area, the school level and the experience in the greenhouse production of the producers; yield in the TPU increases according to the TI. The average InAI is 36% and has a positive correlation with the yield, the innovations learning is carried out mainly between producers and the private technical consultancy is responsible for the transfer of technologies. The indicators of B / C for TPU are values ranging from 1.14 to 2.31, so they are profitable, these indicators increase according to the TI in the greenhouse. It is necessary to generate a joint strategy between government agencies, research centers and producers, that allow access to specialized advice, training and linking that allow the transfer of knowledge and technology in the management of the crop, since a greater TI represents an increase in yield and this translates into greater profits, generation of employment to the local population, decrease in migration and economic development in the producing areas.

Keywords: greenhouse, innovation, technology, tomato.

Agradecimientos:

- A los (as) millones de mexicanos (as) que mediante sus impuestos a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Colegio de Postgraduados (COLPOS), han financiado parte de mi formación académica, mil gracias.
- Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional y haberme dado una grata experiencia en lo aprendido dentro del programa de estrategias para el desarrollo agrícola regional.
- Al Dr. José Luis Jaramillo Villanueva, por haberme instruido, escucharme y creer en mi interés por el desarrollo de esta investigación, gracias por su paciencia y enseñanzas.
- A cada uno de los integrantes de mi consejo particular, por su apoyo y consejo en el desarrollo de este trabajo de investigación, gracias por sus comentarios y observaciones.
- A todos los profesores del Campus Puebla que tuve el gusto de conocer y compartir ideas dentro y fuera de la institución, además de ser un ejemplo a seguir.
- A todo el personal que labora en el campus Puebla, pues más que cumplir la función de apoyo en todos mis trámites, han llegado a formar parte de mi círculo social y teniendo el agrado de algunos el haber obtenido su valiosa amistad, gracias por todo en estos dos años.
- A todos(as) y cada uno(a) de los productores(as) de jitomate de la región de la Sierra Norte y Zona centro del Estado de Puebla, por la confianza en un servidor en el desarrollo de esta investigación y abrirme las puertas de sus humildes hogares.
- A cada uno de los directores de desarrollo rural de los cuatro municipios, particularmente al Ingeniero Ricardo Hernández de Tetela de Ocampo, por su desinteresada y apremiante ayuda, sin su apoyo en el contacto de los productores no hubiera sido posible el desarrollo de esta investigación.

Dedicatoria a:

- A la vida por permitirme escalar un nivel más dentro de mi preparación profesional y por todo lo que significa no solamente para mí, sino para todos quien a lo largo de mi corta historia, me han apoyado incondicionalmente.
- A mi cómplice, mi amiga y la mujer que decidió formar parte de mi vida y ser mi compañera en esta larga travesía, al amor de mi vida, Claudia.
- A mi familia, mis padres Octavio y Delfina, a mis hermanas Nohemí, Miriam, Christian-Del, a mi hermano Víctor, a mis sobrinos (as) Samantha, Valeria y Haziél, a mis cuñados Jorge y Carlos; este logro es compartido, pues sé que durante estos años jamás he olvidado sus consejos y palabras de aliento, que han pedido muchísimo por mí y ser fuente de aliento y remanso para el stress en cada momento que los necesité, este trabajo no es más que el fruto de agradecimiento por su infinito amor, cariño y aprecio, que Dios les bendiga.
- Gracias a Eduardo y Margarita por acogerme en el seno de su hogar, por traer a la vida al más grande de mis tesoros y quien ahora es mi esposa, Dios los bendiga queridos suegros.
- A mi cuñadito Julio.
- Magali, José y a sus dos pequeñas Yo-yo's, gracias por sus consejos, por las extensas charlas en el comedor, por la alegría compartida, así como el apoyo en momentos difíciles lejos de casa, gracias por siempre estar y hacerme sentir en familia.
- Roberto Ignacio, por el simple hecho de estar presente en los momento tristes y alegres ocurridos en esta experiencia y en todos aquellos que hemos compartido desde hace 15 años, gracias por estar.
- A mis queridos Muppets René, Eder, Ismael e Ilse, gracias por todo su cariño carnalitos.
- Gracias a Lupe, Omar, Oscar, Luis, Javier, Daniel, Liss, Gabriel, Yahana, Juan, Kika, mil gracias por su aprecio, cariño y amistad por todos estos años en la vida dentro y fuera del plano académico, abrazos y mi eterna gratitud con ustedes.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
ANTECEDENTES	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	6
MARCO CONCEPTUAL	7
Innovación tecnológica.....	7
Adopción y difusión de innovaciones	8
Competitividad, innovación y desempeño.....	9
OBJETIVOS	11
HIPÓTESIS	11
CAPITULO I. ESTABLECIMIENTO DE INVERNADEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) EN PUEBLA: UN ANÁLISIS MULTITEMPORAL.	12
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA.....	26
CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE CULTIVO DE JITOMATE	

<i>(Lycopersicon esculentum Mill.)</i> BAJO INVERNADERO EN PUEBLA, MÉXICO.	28
RESUMEN	28
ABSTRACT	29
INTRODUCCIÓN	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
CONCLUSIONES.....	43
LITERATURA CITADA.....	43
CAPITULO III. DINÁMICA DE INNOVACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (<i>Lycopersicum esculentum Mill.</i>) BAJO INVERNADERO EN PUEBLA, MÉXICO.	47
RESUMEN	47
ABSTRACT	48
INTRODUCCIÓN	48
MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
CONCLUSIONES.....	59
LITERATURA CITADA.....	60
CAPITULO IV. RENTABILIDAD FINANCIERA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE JITOMATE (<i>Lycopersicum Esculentum Mill.</i>) BAJO INVERNADERO EN PUEBLA.	63
RESUMEN	63

ABSTRACT	64
INTRODUCCIÓN	64
MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
CONCLUSIONES.....	71
LITERATURA CITADA.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	73
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES	74
LITERATURA GENERAL.....	76

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1.- Relación de superficies y numero de invernaderos productores de jitomate	19
Cuadro 1.2.- Superficies de invernadero productores de jitomate.....	23
Cuadro 1.3.- Tasa de crecimiento anual de la superficie de invernaderos	24
Cuadro 1.4.- Rendimientos promedio de invernaderos productores de jitomate.	25
Cuadro 2.1. Estructuración del índice de manejo tecnológico	34
Cuadro 2.2. Estructuración del índice de equipamiento	35
Cuadro 2.3. Variables utilizadas en el modelo Probit	36
Cuadro 2.4. Número de productores y promedio de rendimiento en cada índice obtenido.	39
Cuadro 2.5. Diferencia de las medias del rendimiento entre las categorías del IT	40
Cuadro 2.6. Resultados del modelo Probit del IT	41
Cuadro 2.7. Efectos marginales en el modelo de IT.....	42
Cuadro 3.1.- Categorización de innovaciones en los sistemas de producción bajo invernadero	53
Cuadro 3.2.- Valor de correlación de Pearson entre INAI y rendimiento de las UPJ.	58
Cuadro 3.3.- Valor de coeficientes.	59
Cuadro 4.1.- Inversión y costos fijos del cultivo de jitomate bajo invernadero, Puebla, 2017....	67
Cuadro 4.2.- Cantidad y calidad promedio de jitomate cosechada conforme al nivel tecnológico, Puebla 2017.....	69
Cuadro 4.3.- Precios y calidad de jitomate conforme al nivel tecnológico en las unidades	69
Cuadro 4.4- Costos e ingresos de las unidades de producción por nivel tecnológico	70
Cuadro 4.5.- Rentabilidad financiera y económica de las UPJ en Puebla.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.- Localización de los cuatro municipios con mayor número de invernaderos.	16
Figura 1.2.- Principales superficies de invernaderos en Aquixtla y Tetela de Ocampo.	19
Figura 1.3.- Principales superficies de invernaderos en Tecamachalco y Tochtepec.	20
Figura 1.4.- Localización de invernaderos en los municipios de Aquixtla y Tetela de Ocampo.	20
Figura 1.5.- Localización de invernaderos en los municipios de Tecamachalco y Tochtepec.	21
Figura 1.6.- Uso de suelo y vegetación en las zonas de estudio.....	22
Figura 1.7.- Pendiente de terreno en las zonas de estudio.	23
Figura 1.8.- Promedios de rendimiento de jitomate bajo invernadero.	24
Figura 2.1. Ubicación de los municipios involucrados en el estudio.	32
Figura 3.1.- Localización del área de estudio	51
Figura 3.2.- Índice de adopción de innovaciones por categoría en las UPJ de Puebla.....	55
Figura 3.3.- Tasa de adopción de innovaciones de las UPJ	55
Figura 3.4.- Red de aprendizaje en el cultivo de jitomate bajo invernadero en Puebla.....	57
Figura 3.5.- Red de transferencia de innovaciones en las UPJ.....	58

INTRODUCCIÓN GENERAL

En las últimas décadas se ha hecho uso de nuevas tecnologías, principalmente plásticos que combinados con el conocimiento en la producción de cultivos, han permitido una nueva forma de producir, conocida como Agricultura Protegida (AP) (Bastida, 2011). La AP está en crecimiento, en 1980 México contaba con 300 ha y en 2008 con 10,000 ha (SAGARPA, 2012), donde el 66% corresponde a los invernaderos (SIAP, 2014). El cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en AP representa 70% de la superficie cultivada. En 2008 registró un valor de 200 millones de dólares (Sandoval, 2008), y para 2014 generó ingreso por 7,118 millones de pesos (SIAP, 2014).

En el Estado de Puebla, al igual que a nivel nacional, la AP muestra un crecimiento dinámico; en 1997 existían 147 unidades, en 2005 había 742 y en 2007 se registraron 2,309 (INEGI, 2007). El tipo de estructura que predomina es el invernadero, con 72% de ocupación de superficie (SIAP, 2014). El principal cultivo es el jitomate rojo (SIAPRO, 2011). La producción de esta hortaliza generó en 2014 una derrama de 443 millones de pesos (SIAP, 2014). La superficie cosechada y rendimiento del cultivo en el estado ha cambiado; para 2013, había 300 ha sembradas y rendimiento promedio de 175.44 t ha⁻¹, mientras que en 2014, 359.46 ha con rendimiento medio de 169 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Las diferencias en superficie y rendimiento pueden atribuirse a factores como acceso a crédito, programas de apoyo por parte de instituciones gubernamentales y capacitación (FIRA, 2009).

En la producción de jitomate bajo invernadero, la tecnología es un componente muy importante para mejorar los rendimientos (Padilla *et al.*, 2010). La AP sigue dos tendencias, una empresarial con alto nivel tecnológico y la de pequeña escala con bajo nivel tecnológico que la hace vulnerable a las condiciones de competencia en el sector alimentario (García, 2011). La tecnología, educación y fuerza de trabajo permiten generar diferencias en la productividad a través del tiempo (Levitan y Werneke, 1984).

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).

El proceso previo a la aplicación de una innovación, es la adopción de innovaciones, 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). En el ámbito agropecuario, la adopción de innovaciones es considerada como el uso de una tecnología a largo plazo por parte del productor, siempre y cuando tenga información vasta sobre la misma y su potencial (Feder *et al.*, 1985).

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 (Rogers, 2003); mediante este proceso se propagan aquellas innovaciones exitosas a lo largo del tiempo entre los integrantes de un sistema social y de algún modo, estas desplazan a las inferiores o se combinan con las alternativas existentes (Sarkarj, 1988; Valente, 1995).

Salomon y Engel (1999) señalan que en el medio agrícola, la clave para la difusión y empleo de innovaciones, radica en la interacción entre agricultores, empresas, donantes 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 (Koschatzky, 2002) , por lo que 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, a su vez está compuesta por nodos que representan a los actores y lazos que significan las relaciones sociales, técnica y comercial.

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; Valente, 1996). 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 (Wasserman y Faust, 1994).

Bajo este marco, la presente investigación se desarrolló en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec que representan el 43.5% de la superficie de invernaderos productores de jitomate en el estado de Puebla. La zona de estudio abarca dos diferentes zonas en la entidad, la primera es la Sierra Norte donde se ubican Aquixtla y Tetela, mientras que Tecamachalco y Tochtepec se encuentran en la Región Serdán y Valles Centrales. El presente documento de tesis se organizó en cuatro capítulos, donde el primero corresponde a la caracterización del nivel tecnológico en las unidades productoras de jitomate (UPJ) e identificar las variables sociodemográficas y económicas que explican el comportamiento tecnológico, el segundo refiere a la dinámica de innovaciones entre los productores mediante la obtención del índice de adopción de innovaciones (InAI) en los productores así como su relación con el rendimiento y conocer los actores relevantes en la difusión de innovaciones empleando el análisis de redes sociales y finalmente el tercer capítulo consiste en determinar y explicar el efecto que las innovaciones tecnológicas adoptadas por los productores tienen sobre la productividad y rentabilidad de los invernaderos.

Conforme a lo anterior se busca comprender el papel que la innovación tecnológica juega en la dinámica y funcionamiento del cultivo en el contexto de su desarrollo, evolución y cambio, con la finalidad de lograr planes y programas para grupos con características similares.

ANTECEDENTES

Moreno *et al.* (2011) en su trabajo Características de la agricultura protegida y su entorno en México, menciona que los invernaderos son una alternativa viable para superar la producción generada en los minifundios. Según Juárez *et al.* (2011), en los últimos años se ha presentado un crecimiento anual de entre 20 y 25%. Los invernaderos constituyen 44% y las mallas sombra 51% de la superficie total y el resto corresponde a macro y micro túneles. En dependencia de las condiciones ambientales y la capacidad de inversión de los productores, los invernaderos pueden acondicionarse con sistemas de calefacción, extractores de aire y sistemas automatizados para riego y aplicación de fertilizantes. Además de los aspectos

ambientales de una región agrícola, el tipo de especie que se desea cultivar constituye un factor importante para decidir el empleo de invernaderos, malla sombra, macro túnel o micro túneles.

García *et al.* (2010) caracterizó el nivel tecnológico de la agricultura protegida en España, considerando los componentes (equipo) del invernadero, para establecer las necesidades de inversión para mejorar los rendimientos y calidad de los productos, en este trabajo, mediante un análisis de clústers identificaron cinco niveles tecnológicos (tres para el cultivo en suelo y dos en cultivo sin suelo).

El trabajo de Padilla *et al.* (2010) *Competitiveness of Zacatecas (México) Protected Agriculture: The Fresh Tomato Industry*, muestra que un alto nivel de tecnología es necesario, pero no es suficiente condición para lograr una competitividad sostenible, pero para lograrla, se debe dar una mayor atención y cuidado a ciertos puntos críticos detectados, por parte de los productores como del gobierno. Modificando el perfil de la organización de las agro-empresas, particularmente aquellas que venden en el mercado nacional, ya que deben aumentar el rendimiento, reducir los costos de producción y mejorar la calidad de sus productos. Del mismo modo, con el fin de disminuir la dependencia de la tecnología extranjera, la cadena productiva requiere una integración más estrecha con los centros de investigación que apoyan la innovación y la diferenciación de productos y diversificación. Los programas gubernamentales deben crear un ambiente que favorezca el desarrollo competitivo y promover la innovación y la protección del medio ambiente con el fin de ayudar al mismo tiempo el desarrollo económico y mejores condiciones de vida en las zonas rurales.

En el abordaje de la innovación, Del Águila y Padilla (2010) afirman que el proceso innovador depende de un capital humano adecuado y de la existencia de la oferta de recursos humanos calificados, lo que determinará la difusión y la asimilación de nuevas tecnologías. Según Vargas *et al.* (2015), en la actualidad la mayoría de las investigaciones sobre innovación son de tipo descriptivo, básicamente teóricas o conceptuales y por lo regular, carecen de evidencia empírica, evitando plantear recomendaciones para orientar el desarrollo tecnológico de la empresa si se quieren asumir nuevos retos en el ámbito de la competitividad. Tal como lo demuestra en su estudio “Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México”, muestra que la innovación es un factor que se encuentra estrechamente

relacionado con la transferencia de conocimientos, ya sea obtenido a través de asesoría técnica o el difundido por las relaciones existentes, los productores, sus proveedores y las instituciones, que están relacionadas con la actividad reflejándose en el índice de confianza.

García *et al.* (2011) en su trabajo La agricultura protegida en Tlaxcala: la adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización, menciona que el crecimiento de esta actividad es acelerado pero desordenado debido a que las organizaciones inmersas en este sector no unifican sus cifras, para conocer en exactitud cuántos son los actores dentro de este sector productivo. Indica también de la vulnerabilidad en un entorno altamente competitivo que abarca la producción de jitomate bajo cubierta, considerando que gran parte del financiamiento de estos invernaderos proviene de recursos públicos. Por lo que se debe fomentar el mejoramiento tecnológico de los invernaderos, sin llegar a la automatización, mediante instrumentos de política pública que faciliten el financiamiento para la adquisición de los equipos necesarios, además de un acompañamiento en la transición hacia un nivel muy alto de equipamiento con procesos de capacitación y entrenamiento en la operación y mantenimiento del sistema de automatización, adquiriendo equipos de empresas que cuenten con representación y refacciones en México.

El trabajo de García *et al.* (2011) permitió también identificar los flujos de conocimiento para el cultivo de jitomate en invernadero, dando información de la influencia que tienen los proveedores de insumos para la producción de hortalizas, tales como: fertilizantes, fitorreguladores, equipo, control de plagas y enfermedades, etc. Así como la necesidad de mejorar la difusión de innovaciones, mediante el intercambio de experiencias entre productores en el uso de tecnologías, procesos y técnicas de producción, organización y comercialización, que propicien el aprendizaje colectivo y reduzcan la incertidumbre en adopción de innovaciones tecnológicas y no tecnológicas

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las ventajas que representa el uso de los invernaderos, como tecnologías de utilidad en la producción agrícola, en la protección de los cultivos a enfermedades y ventajas evidentes en cuanto a rendimiento, calidad y producción. Por lo tanto, se parte del hecho que las

innovaciones tecnológicas aplicadas en el cultivo de jitomate bajo invernadero han sido piedra angular en su competitividad, lo que a su vez podría explicar el crecimiento sostenido a lo largo de los años en el estado de Puebla.

Es necesario conocer el conjunto de innovaciones tecnológicas involucradas en este medio de producción, con la finalidad de determinar el nivel tecnológico de los invernaderos así como su productividad y rendimiento a lo largo del estado.

Además, conocer las características que presentan los productores en el plano social y económico, así como los actores involucrados en su red social que estimulan el proceso de difusión de innovaciones tecnológicas.

Por lo tanto, de acuerdo con lo antes mencionado podremos plantear el siguiente cuestionamiento de investigación:

- ¿Cuál ha sido el crecimiento de la superficie y rendimiento de los invernaderos productores de jitomate en el estado en la última década y que características presentan los principales municipios productores?
- ¿Qué características presentan los productores de jitomate y que factores socioeconómicos se relacionan con el nivel tecnológico de los invernaderos que utilizan?
- ¿Cuál es el índice de adopción de innovaciones en los productores y que actores son los responsables en su difusión?
- ¿Cuál es la rentabilidad de los invernaderos y qué relación tienen con las innovaciones tecnológicas implementadas?

JUSTIFICACIÓN

El cultivo de jitomate bajo invernadero en Puebla, presenta una diversidad de rendimientos entre los principales municipios productores, además de mostrar un crecimiento anual constante, por lo que es necesario explicar dichos eventos mediante el uso de la teoría que contempla el contexto de las innovaciones tecnológicas aplicadas, la cual involucra aspectos

como la edad, nivel educativo etc., en el proceso de adopción y difusión de innovaciones, que a su vez permitirían dar respuesta a dichos fenómenos.

Este tema de investigación permite conocer los indicadores tecnológicos en las unidades de producción, además de su nivel de relación con el rendimiento en el cultivo, sin dejar de lado el papel que cumplen las redes de innovación tecnológica entre productores y conocer los actores de importancia que inciden en la transferencia de tecnologías. Teniendo como meta, generar un aporte significativo en el conocimiento del cultivo de jitomate bajo invernadero y la dinámica de innovaciones tecnológicas que converge en su entorno, además de poder ser herramienta en la consulta de información de los tomadores de decisiones en el sector agrícola del Estado de Puebla.

MARCO CONCEPTUAL

El análisis teórico que sustenta este trabajo de investigación, se enmarca dentro de una revisión de los enfoques teóricos sobre la innovación, explicando los elementos básicos que en ella convergen, con la finalidad de construir un enfoque adecuado para el tema que ocupa esta tesis. La innovación es un término que permea cada vez más en el lenguaje cotidiano, pues se le percibe como un símbolo de modernidad, competitividad y desarrollo en las empresas, incluyendo también al sector rural. Este es un concepto estratégico que debería, a nivel macro, ser tarea no solo de quienes toman decisiones en las políticas públicas, sino que, a nivel micro, debería formar parte de la cultura en la sociedad, pues es una de las llaves maestras que permiten generar riqueza con mayor efectividad (Muñoz, 2007; Malaver, 2006).

Innovación tecnológica

La literatura económica considera al proceso de innovación tecnológica, desde un enfoque tradicional, como una relación causal entre la ciencia y la tecnología, mientras que la literatura actual trata al desarrollo tecnológico como un proceso con múltiples retroalimentaciones y fuentes de innovación (Sánchez, 1996). La innovación tecnológica es aquella que resulta de la primera aplicación de los conocimientos científicos y técnicos en la solución de los problemas que se plantean a los diversos sectores productivos, y que origina un cambio en los productos, en los servicios o en la propia empresa en general, introduciendo nuevos productos, procesos o

servicios basados en nueva tecnología (entendiendo tecnología de una manera simple como la aplicación industrial de los descubrimientos científicos) (Molina Manchón, H., y Conca Flor, F. J., 2000).

La innovación tecnológica no se refiere solo a tecnologías que los productores toman del contexto (exotecnologías), sino también a aquellas que han sido generadas por los mismos productores como resultado de procesos de experimentación y adaptación tecnológica (endotecnologías) (Cáceres *et al.* 1997).

Adopción y difusión de innovaciones

El momento en que la empresa u organización aplica alguna innovación, en este caso tecnológica, se le conoce como adopción de innovaciones. Rogers (2003) lo define como el proceso a través del cual un 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. Feder *et al.* (1985) define la adopción de innovaciones en un ámbito agropecuario como “el grado de uso de una tecnología en equilibrio a largo plazo, cuando el productor tiene vasta información acerca de la nueva tecnología y su potencial”.

Toda tecnología debe adaptarse al entorno de uso con el fin de obtener el máximo beneficio de ella, es decir la modificación de una tecnología adoptada con el objeto de hacer uso de ella de una manera eficiente respecto al contexto socioeconómico y técnico que lo ameriten (Morote, *et al.*, 2014); para que una nueva tecnológica se convierta en una ventaja competitiva, se debe dar una adecuación perfecta entre los factores humanos y tecnológicos, ya que el aspecto fundamental no es simplemente lo buena que es una tecnología, sino cómo de bien es utilizada por los miembros de la organización (Torkzadeh y Lee, 2002).

Para que una innovación sea conocida, utilizada y genere valor debe cumplir un proceso de difusión, el cual consiste en la comunicación de la misma en el tiempo y difundida por determinados canales, entre los miembros de un sistema social (Rogers, 2003); este proceso propaga las innovaciones exitosas comunicadas a lo largo del tiempo mediante ciertos canales

entre los integrantes de un sistema social y llegan a desplazar a las inferiores o se combinan con las alternativas existentes (Sarkarj, 1988; Valente, 1995)

La teoría de la difusión, considera la comunicación como un proceso que se da a través de las redes sociales y por los medios de difusión (Reyes, 2014). Las redes sociales son definidas como el conjunto de instituciones académicas, industriales, políticas y agentes de enlace que colaboran mejorando el trabajo científico, debido a que posibilitan el libre flujo de información e impulsan las condiciones locales para la innovación (Callon *et al.*, 1992). En el caso de la difusión de innovaciones se requiere que los individuos sean similares en ciertos atributos, tales como educación, creencias, estado socioeconómico, lenguaje, códigos culturales, etc., y esto ocurre generalmente cuando estos individuos pertenecen al mismo grupo o tienen intereses similares; para que la comunicación ocurra con mayor facilidad y las nuevas ideas tiendan a tener un efecto mayor en términos de adquisición de conocimientos, formación de actitudes y cambio. En estos casos, la comunicación ocurre con mayor facilidad y las nuevas ideas tienden a tener un efecto mayor en términos de adquisición de conocimientos, formación de actitudes y cambio (Rogers, 2003).

Competitividad, innovación y desempeño.

Tomando en cuenta lo anterior y a manera de cerrar el abordaje a los elementos concurrentes en una innovación así como los procesos que en ella convergen, existen acuerdos en que la innovación es el elemento clave que explica la competitividad (Escorsa y Valls 2005); Porter (1980), citado por Escorsa y Valls (2005), por su parte menciona que la competitividad de una nación depende de la capacidad de su industria para innovar y mejorar. Las empresas consiguen ventajas competitivas mediante innovaciones. La innovación tecnológica es un fenómeno cada vez más frecuente en las sociedades industrializadas que constituye el soporte de la competitividad empresarial (Sánchez, 1996).

La vinculación, redes, cadenas o clústeres, conforman la nueva forma de innovar y, por tanto, de competir. (Jasso, 2004). Observamos que todas las definiciones concuerdan en el hecho de que la innovación acaba con la introducción con éxito en el mercado. Si los nuevos productos, procesos o servicios no son aceptados por el mercado, no existe innovación. Christopher Freeman (1982), insiste en que un intento de innovación fracasa cuando no consigue una posición en el mercado y/o un beneficio, aunque el producto o proceso "funcione" en un

sentido técnico. Redwine *et al.* (1985) concluye que una innovación toma entre 15 a 20 años madurar una tecnología hasta el punto en que pueda ser popularizada y difundida a lo largo de la comunidad tecnológica.

La estrecha conexión entre los conceptos actuales de competitividad e innovación es evidente: decir que los nuevos productos deben tener éxito es prácticamente lo mismo, que decir que han de ser competitivos. Este resultado final comporta, en definitiva, atributos creadores de valor. El nuevo producto o el nuevo proceso proporcionan una utilidad social real o sentida, ya que permitirán a la sociedad lograr mejoras tales como, por ejemplo, más comodidad, confort, seguridad, energía, calidad o estética.

La competitividad es una forma de abordar el desempeño económico relativo de las unidades de análisis en un sentido comparativo, por lo que es conveniente tener en mente una distinción fundamental entre medición y explicación de la competitividad; la primera implica el uso de indicadores e índices que cuantifican el desempeño económico relativo de las unidades de análisis, es meramente descriptivo; por su parte, la segunda radica en el estudio de las variables que la determinan, es decir, los factores o ventajas competitivas de la unidad de análisis en cuestión (Sobrino, 2005).

El abordaje que realiza la competitividad sobre el desempeño económico radica en su significado simple donde este hace referencia al grado de desenvoltura que una entidad cualquiera tiene con respecto a un fin esperado (R.A.E., 2001). Se evalúa en función de la obtención de un beneficio esperado (o necesidades cubiertas) con respecto a los recursos que se utilizó para para ese logro, ya sea económico, es decir, que sea rentable o productivo y que genere un rendimiento óptimo.

OBJETIVOS

Los objetivos que persigue este trabajo de tesis son los siguientes:

- Estimar la superficie de invernaderos productores de jitomate ocupada durante los años 2006 y 2017 en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec pertenecientes al estado de Puebla y analizar las variables de superficie sembrada y rendimientos promedio en la producción del cultivo a nivel estatal y nacional.
- Caracterizar el nivel tecnológico de las UPJ e identificar las variables sociodemográficas y económicas que explican el comportamiento tecnológico
- Conocer el índice de adopción de innovaciones (InAI) en los productores así como su relación con en el rendimiento de cada UPJ y describir a los actores de importancia en la difusión de innovaciones tecnológicas mediante el uso del análisis de redes sociales.
- Obtener la rentabilidad financiera de las UPJ bajo invernadero en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec pertenecientes al estado de Puebla en el año 2017, conforme a su nivel tecnológico mediante la relación beneficio costo (B/C).

HIPÓTESIS

Las hipótesis establecidas en este tema de investigación son las siguientes:

- El crecimiento en rendimiento y superficie de los invernaderos productores de jitomate a nivel nacional y estatal ha sido constante desde el año 2006 a 2017.
- Las UPJ en la zona de estudio presentan distintos grados de nivel tecnológico en función a la edad, escolaridad y experiencia en el manejo del cultivo de los productores.
- El índice de adopción de innovaciones tecnológicas (InAI) es homogéneo en los productores debido a que son ellos los principales actores en el proceso de su difusión, además que el rendimiento de las UPJ está relacionado al InAI.
- La rentabilidad financiera de las UPJ en Puebla se ve condicionada por el nivel tecnológico de los invernaderos.

CAPITULO I. ESTABLECIMIENTO DE INVERNADEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN PUEBLA: UN ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Misael Mundo-Coxca¹; José Luis Jaramillo-Villanueva^{2*}; Juan Morales-Jiménez³; Antonio Macías-López⁴; Juventino Ocampo-Mendoza⁵; Adrián Gómez-González⁶.

¹²³⁴⁵Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México.

⁶Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, C. P. 78600. San Luis Potosí. México.

Correos electrónicos: mmcoxca@gmail.com¹, jaramillo@colpos.mx², morales@colpos.mx³, mantonio@colpos.mx⁴, jocampo@colpos.mx⁵, agomez@colpos.mx⁶.

*Autor correspondencia: jaramillo@colpos.mx

RESUMEN

En el Estado de Puebla la instalación de invernaderos para cultivo de jitomate ha ido en aumento, sin embargo no existen datos al respecto, por lo que las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) son útiles en el análisis de los cambios de uso de suelo ocurridos a través del tiempo, por lo que esta investigación presenta un análisis multitemporal en la instalación de invernaderos en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec. La metodología partió en la localización de las instalaciones mediante la georreferenciación de productores realizada por el Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida (SIAPRO) y el programa Google Earth Pro con la herramienta “barra de tiempo”, dibujando a mano alzada cada uno de los invernaderos identificados en el programa QGIS 3.2, obteniendo la suma de las unidades y el área instalada en cada municipio para los años 2006 y 2017. Al mismo tiempo se obtuvieron los usos de suelo y nivel de pendiente. Mostrando que los invernaderos crecieron en superficie promedio un 150% en 11 años y que las zonas de estudio presentan diferencias significativas en la fisiografía de su paisaje así como el porcentaje de uso de suelo con vocación agrícola. Finalmente, con el uso de los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

Artículo pendiente de envío.

(SIAP) se observó que el rendimiento promedio del cultivo en los municipios para 2014, es mayor al promedio estatal y nacional. Considerando que el aumento de invernaderos para cultivo de jitomate se debe a que es una actividad rentable para los productores.

Palabras clave: agricultura protegida, horticultura, hortalizas.

ABSTRACT

In the State of Puebla the installation of greenhouses for tomato cultivation has been increasing, however there are no data on this, so the tools of Geographic Information Systems (GIS) are useful in land-use change occurred over time, so this research presents a multi-temporal analysis in the greenhouses installation in the municipalities Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec. The methodology was based on the location of the facilities through the georeferencing of producers carried out by the National System of Information on Protected Agriculture (SIAPRO) and Google Earth Pro program with the tool "time bar", drawing each of the greenhouses identified in the QGIS 3.2 program, obtaining the sum of the units and the area installed in each municipality for the years 2006 and 2017. At the same time the land uses and slope level were obtained. Showing that the greenhouses grew in average area by 150% in 11 years and that the study areas show significant differences in the physiography of their landscape as well as the percentage of land use with agricultural vocation. Finally, with the use of data from the Agri-Food and Fisheries Information Service (SIAP) it was observed that the average yield of the crop in the municipalities for 2014 is higher than the national and state average. Considering that the increase of greenhouses for tomato cultivation is due to the fact that it is a profitable activity for the producers.

Keywords: protected agriculture, horticulture, vegetables.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha hecho uso de nuevas tecnologías combinadas con el conocimiento existente en la producción de nuevos cultivos, permitiendo una nueva forma de producir, conocida como: agricultura protegida (AP) (Bastida, 2011).

La AP, es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras y cubiertas, como lo son: los micro-túneles, macro-túneles, casas sombra e invernaderos (Castañeda *et al.*, 2007; Moreno R *et al.*, 2011.). Su crecimiento es constante, en 1980 se reportaron 300 ha y en 2008 alrededor de 10,000 ha (Castellanos, 2007), actualmente los invernaderos representan el 34% de superficie dedicada a la AP (SIAP, 2014).

El principal cultivo bajo invernadero es el jitomate (*Lycopersicon sculentum Mill.*) con 59% de la superficie cultivada, aportando un ingreso de 4.6 mil millones de pesos, el cultivo de jitomate en AP aporta un ingreso de \$7,118 millones de pesos, representando un volumen de producción de 754 mil toneladas (SIAP, 2014)

Al igual que a nivel nacional, Puebla ha tenido un crecimiento en AP en los últimos años, en 1997 contaba con 147 invernaderos, para 2007 existían 2,309 instalaciones, bajo una extensión de 835 hectáreas (INEGI, 2007); la Memoria Sexenal del Gobierno del Estado de Puebla 2005-2011, menciona que dichas unidades generaron una derrama económica de 520 millones de pesos al año en la entidad.

El jitomate es el principal cultivo bajo invernadero en el estado, en 2014 bajo una superficie sembrada de 359.46 hectáreas se obtuvo un rendimiento promedio de 169.50 t ha^{-1} , generando una derrama económica de 443 millones de pesos (SIAP, 2014), su producción se concentra principalmente en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo Tecamachalco y Tochtepec. No existen datos precisos sobre el crecimiento de los invernaderos que producen jitomate en Puebla, específicamente en la superficie mencionada, por lo que esta información permitirá conocer el comportamiento de crecimiento en este tipo de producción; tomando en cuenta que la agricultura protegida trae consigo distintos impactos ambientales, entre ellos el cambio de uso de suelo (Gomora, 2006).

Por lo que el objetivo de la presente investigación, consiste en estimar la superficie de invernaderos productores de jitomate, ocupada durante los años 2006 y 2017 en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec en el estado de Puebla, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica que permitan describir la condición de uso de suelo, topografía y pendientes de terreno donde se ubican las unidades de producción.

Finalmente, se realizara un análisis comparativo de las variables de superficie sembrada y rendimientos promedio en la producción de jitomate bajo invernadero a nivel estatal y nacional desde el año 2006 hasta el último año con que cuente información el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se localizaron las zonas con mayor número de invernaderos productores de jitomate en el estado de Puebla mediante el uso del Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida (SIAPRO, 2011), localizando los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec que representan el 43.5% de la superficie dedicados al cultivo de dicha hortaliza (SIAP, 2014).

La zona de estudio abarca dos diferentes zonas en el estado, la primera es la Sierra Norte donde se ubican Aquixtla y Tetela, mientras que Tecamachalco y Tochtepec se encuentran en la Región Serdán y Valles Centrales (Figura 1), a continuación se detallan las características de cada una.

Aquixtla y Tetela de Ocampo (Sierra Norte).

Colindan con los municipios de Chignahuapan, Zacatlán, Tepetzintla, Cuautempan, Huitzilán de Serdán, Xochitlán de Vicente Suárez, Xochiapulco, Zautla e Ixtacamaxitlán, su extensión ocupa el 1.45% de la superficie del estado; Tetela de Ocampo cuenta con 86 localidades y una población total de 25 793 habitantes mientras que Aquixtla Cuenta con 24 localidades y una población de 7 848 habitantes (INEGI, 2010).

Forman parte de la cuenca del Río Tecolutla, se ubican entre los 1200 a los 3200 msnm en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental teniendo como subprovincia los Lagos y Volcanes de Anáhuac además del Caros Huasteco, mientras que su sistema de tofoformas pertenece a la Sierra Volcánica de laderas escarpadas, Sierra alta escarpada y Lomerío de tobas (INEGI, 2010).

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, las temperaturas van de los 12 a los 20°C, su precipitación anual promedio va de los 600 a 1600 mm (INEGI, 2010).

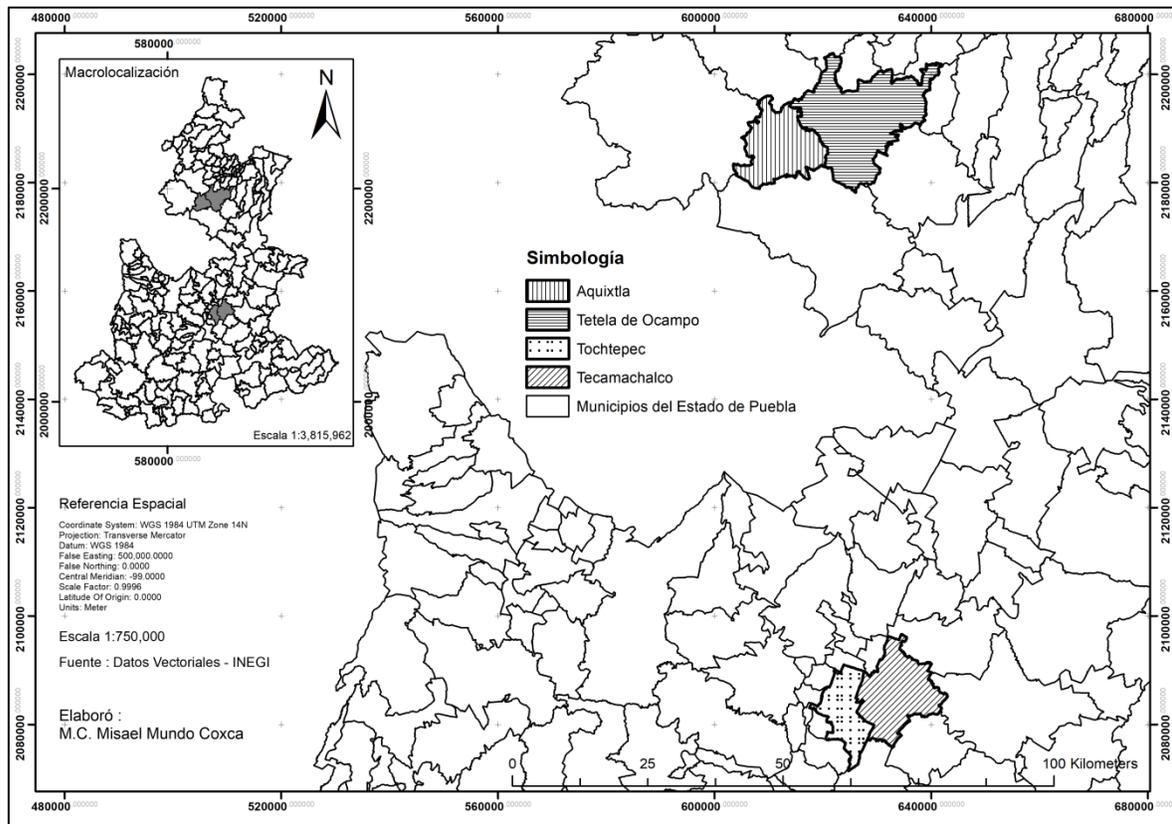


Figura 1.1.- Localización de los cuatro municipios con mayor número de invernaderos.

Tecamachalco y Tochtepec (Región Serdán y Valles centrales).

Colindan con Santo Tomás Hueyotlipan, Cuapiaxtla de Madero, Xochitlán Todos Santos, Huitziltepec, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Tlanepantla, San Salvador Huixcolotla, Acatzingo, Quecholac, Palmar de Bravo y Yehualtepec. Su área conjunta ocupa el 0.83% de la superficie estatal; Tecamachalco cuenta con 89 localidades y una población total de 71571 habitantes, mientras que Tochtepec presenta 66 localidades con una población de 19701 habitantes (INEGI, 2010).

Se integran a la cuenca del Río Atoyac, se ubican en altitudes que van de 1900 a 2800 msnm dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur teniendo como subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac y Sierras Orientales; su sistema de topofomas es de llanura aluvial con lomerío y de piso rocoso (INEGI, 2010).

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, las temperaturas van de los 14 a los 18°C, su precipitación anual promedio va de los 500 a 700 mm (INEGI, 2010).

Localización de invernaderos y cálculo de áreas.

Se utilizaron las localizaciones georreferenciadas de invernaderos productores de jitomate por el SIAPRO en 2011 para ubicarlos mediante el uso del software Google Earth pro en los años 2006 y 2017, las estructuras se localizaron bajo observación de las imágenes satelitales mediante la refracción de luz que emiten los plásticos, evitando confusiones con otro tipo de construcciones como bodegas, techos de escuelas, canchas deportivas, etc.

Mediante la herramienta “barra de tiempo” en el programa Google Earth Pro, se georreferenciaron en coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) diferentes imágenes de las distintas zonas que presentaron invernaderos en cada uno de los municipios para 2006 y 2017, una vez localizados se crearon mosaicos de dichas imágenes con el programa de uso libre QGIS 3.2, con este mismo software se dibujó a mano alzada la silueta de cada uno de los invernaderos identificados, generando los polígonos correspondientes para cada municipio y año, obteniendo el área superficie expresada en metros cuadrados para cada figura.

Se extrajeron los datos de superficie y número de unidades de invernadero del programa QGIS y se importaron a tablas de Excel para realizar el análisis descriptivo por año para cada zona.

Se generaron dos mapas, uno para la zona de Aquixtla-Tetela de Ocampo y otro más para los municipios de Tecamachalco y Tochtepec, con la finalidad de mostrar gráficamente la presencia de invernaderos en el año 2006 y 2017 respectivamente, se aplicó un buffer promedio de 100 m a las instalaciones localizadas con la finalidad de que fueran perceptibles a la vista.

Uso de suelo

Se obtuvieron los datos vectoriales de INEGI correspondientes a las áreas geoestadísticas municipales, zonas urbanas, cuerpos de agua y uso de suelo con la finalidad de describir los usos que se asigna a la tierra y conocer la cubierta vegetal existente (Reyes, 2014).

Topografía – Pendiente

Se obtuvieron las imágenes e14b13, e14b14, e14b15, e14b23, e14b24, e14b54, e14b55, e14b64 y e14b65 de Modelo digital de elevación tipo terreno con 5 m de resolución derivado de datos de sensores remotos satelitales y aerotransportados del INEGI a resolución 1:10,000, dichas imágenes cubren la superficie de los municipios de estudio.

Mediante el uso del software QGIS se proyectó a coordenadas UTM cada uno de los 9 modelos de elevación y se generaron los mosaicos correspondientes, uno para Aquixtla y Tetela (e14b13, e14b14, e14b15, e14b23, e14b24) y otro para Tecamachalco y Tochtepec (e14b54, e14b55, e14b64 y e14b65).

Una vez obtenido el modelo de elevación digital, mediante el programa QGIS se aplicó la herramienta de análisis de terreno para calcular la pendiente con el uso de cada modelo de elevación, utilizando como base lo establecido por FAO (2009) en la clasificación de pendientes por su porcentaje, estableciendo los siguientes gradientes: a nivel 0 a 8%, de ondulada a fuerte 8 a 30% y de fuerte a quebrada mayor a 30%.

Análisis de producción a nivel nacional y estatal

Se obtuvieron los datos correspondientes a la producción de jitomate bajo invernadero mediante el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera para los años 2006 y 2014 con la finalidad de describir el comportamiento en las variables de superficie sembrada y rendimientos promedio a nivel estatal y nacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Localización de invernaderos y cálculo de áreas

Se observó un mayor crecimiento de superficie y número de invernaderos en la zona de Aquixtla y Tetela de Ocampo a comparación de Tecamachalco y Tochtepec que tuvieron una tasa de crecimiento promedio anual del 28% en extensión de superficie (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1- Relación de superficies y numero de invernaderos productores de jitomate.

	Sup.* 2006	Sup. 2017	U** 2006	U 2017	Sup. Promedio 2006	Sup. Promedio 2017
Aquixtla y Tetela de Ocampo	13.6	130.7	91	577	0.15	0.23
Tecamachalco y Tochtepec	21.3	80.4	9	230	0.24	0.35

* Sup.= Superficie. La superficie esta expresada en hectáreas. ** U = Unidades de invernaderos. Fuente: Elaboración propia.

En 2006 predominan superficies de 1000 a 3,000 m² concentrando el mayor número de unidades, este comportamiento prevaleció hasta 2017 donde el 65.5% del total mantuvo esas áreas, mientras que los invernaderos con superficies mayores a 7,000 m² no aumentaron en número, representando solo el 2.6% de las unidades totales (Figura 1.2).

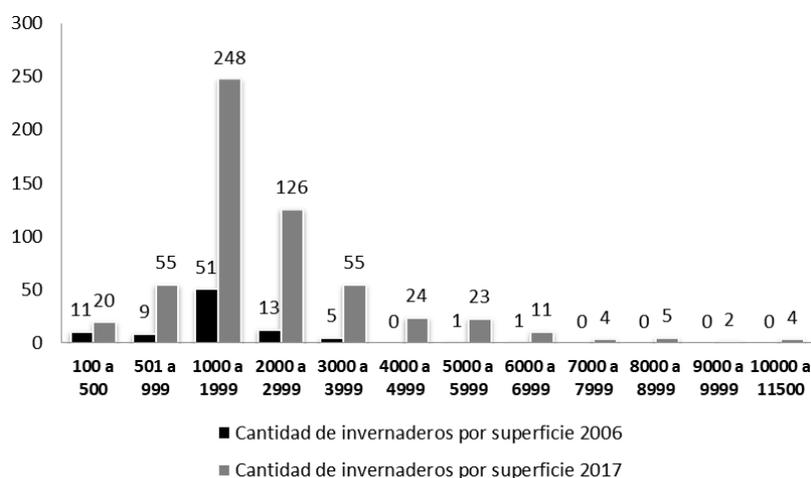


Figura 1.2.- Principales superficies de invernaderos en Aquixtla y Tetela de Ocampo.

En 2006 Tecamachalco y Tochtepec, los invernaderos comenzaron a establecerse bajo superficies menores a los 3,000 m² y para 2017 bajo esta misma área se concentró el 51% de

las unidades, el 33% se encontró entre 3,000 m² y 6,000 m², el 16% no rebasaron la hectárea y solo un invernadero contó con una superficie mayor a dos hectáreas (Figura 1.3).

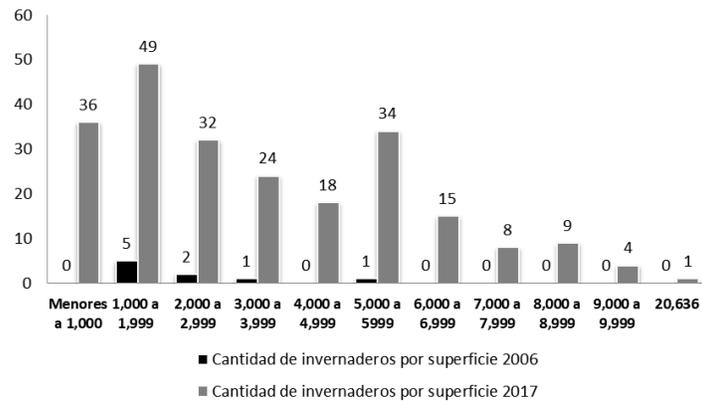


Figura 1.3.- Principales superficies de invernaderos en Tecamachalco y Tochtepec.

En las figuras 1.4 y 1.5 se observa la ubicación espacial y crecimiento del número de invernaderos instalados en los municipios de estudio para los años 2006 y 2017.

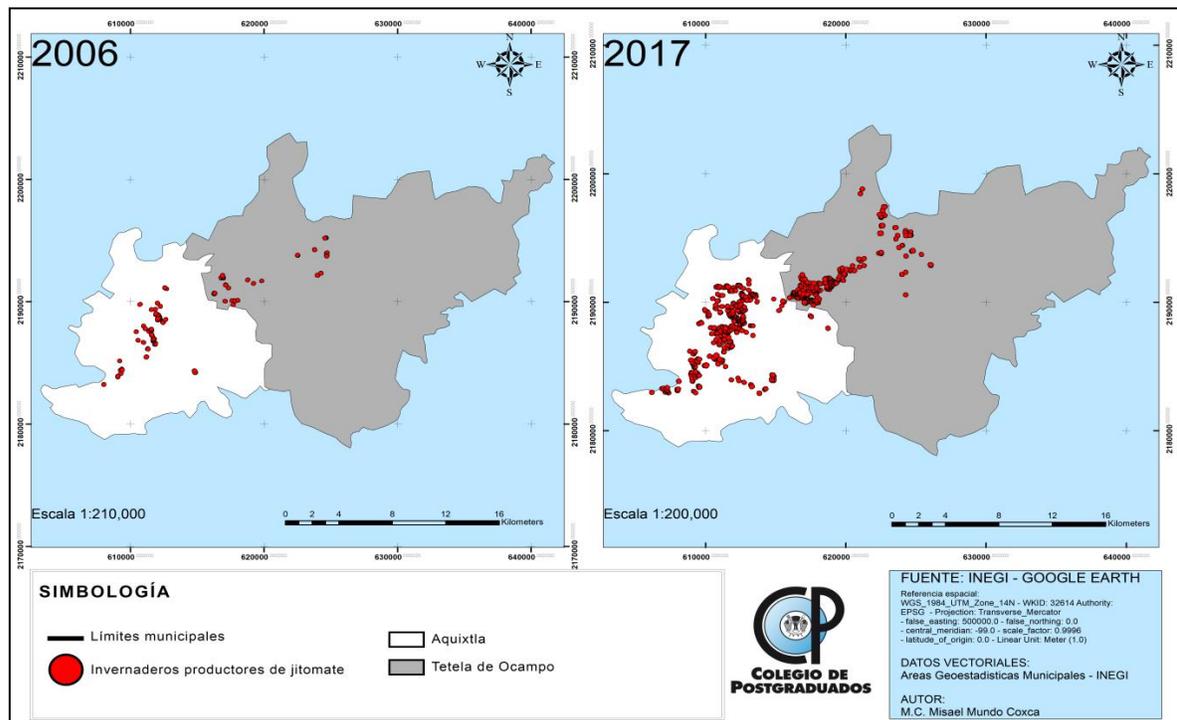


Figura 1.4.- Localización de invernaderos en los municipios de Aquixtla y Tetela de Ocampo. *Fuente:*

Elaboración propia

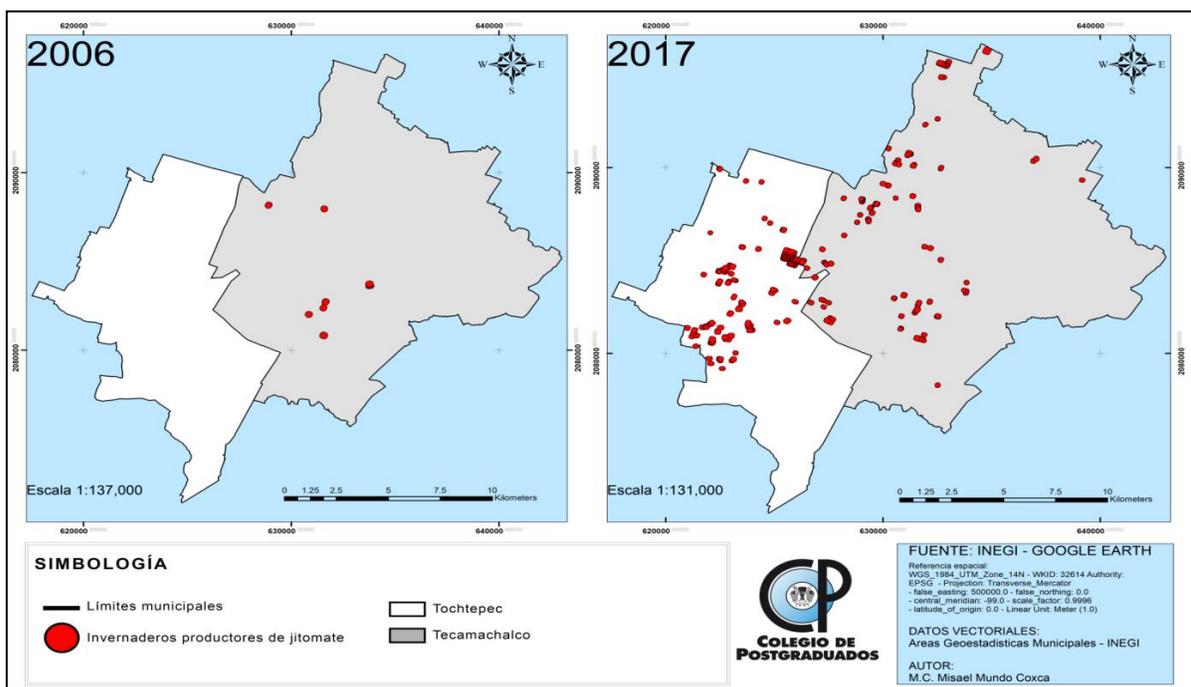


Figura 1.5.- Localización de invernaderos en los municipios de Tecamachalco y Tochtepec. *Fuente:*
Elaboración propia

Uso de suelo

Aquixtla y Tetela de Ocampo (Sierra Norte)

La mayor parte de su superficie la ocupa el bosque de pino y encino, el suelo con vocación agrícola de ambos municipios es en promedio del 25% de su superficie, mientras que las zonas urbanas están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y bosque. En el ámbito pecuario solo el 35% de la superficie puede ser útil para esta actividad (INEGI, 2010).

Tecamachalco y Tochtepec (Región Serdán y Valles centrales)

Debido a la forma de valle en ambos municipios la vocación agrícola es del 61% de la superficie, mayor a la de los municipios anteriores; las zonas urbanas están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y pastizal. La actividad pecuaria es apta en un 60% de la superficie (INEGI, 2010).

Ambas zonas presentan diferencias significativas en el contexto de la disponibilidad de uso de suelo en el plano agrícola, ya que en la Sierra Norte existe mayor restricción para el desarrollo de tierras de cultivo debido a que su topografía está compuesta por laderas escarpadas

características de la Sierra Madre Oriental, mientras que la Región de Serdán y Valles Centrales la mayor parte de su superficie es llanura brindando una ventaja en el uso de suelo para la agricultura de riego (Figura 1.6).

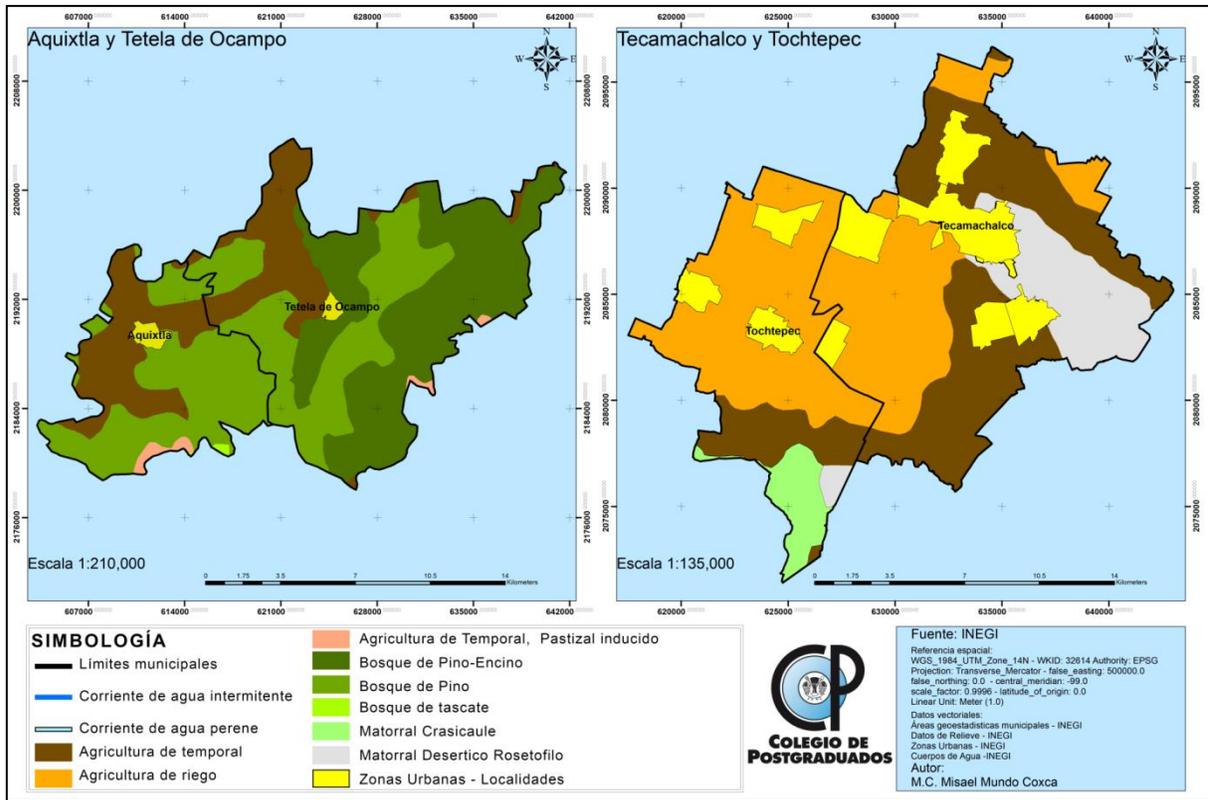


Figura 1.6.- Uso de suelo y vegetación en las zonas de estudio. *Fuente: Elaboración propia.*

Topografía – Pendiente

Para Aquixtla y Tetela de Ocampo la mayoría de las instalaciones (puntos blancos) se ubican en zonas con pendientes del 8 al 30%, esto debido al paisaje topográfico dominado por laderas con pendientes fuertes a quebradas, por lo que la mayor parte de las unidades se encuentran en terrenos con vocación agrícola de temporal (Figura 1.7). Los invernaderos en Tecamachalco y Tochtepec se localizan en suelos con un porcentaje de pendiente que va de 0 a 8%, esto debido a que la zona es un llano y no presenta cambios drásticos en el nivel del terreno, concentrando las zonas con pendientes fuertes a quebradas en un reducto de lomas ubicadas en el sureste de Tecamachalco y un pequeño cerro al suroeste de Tochtepec

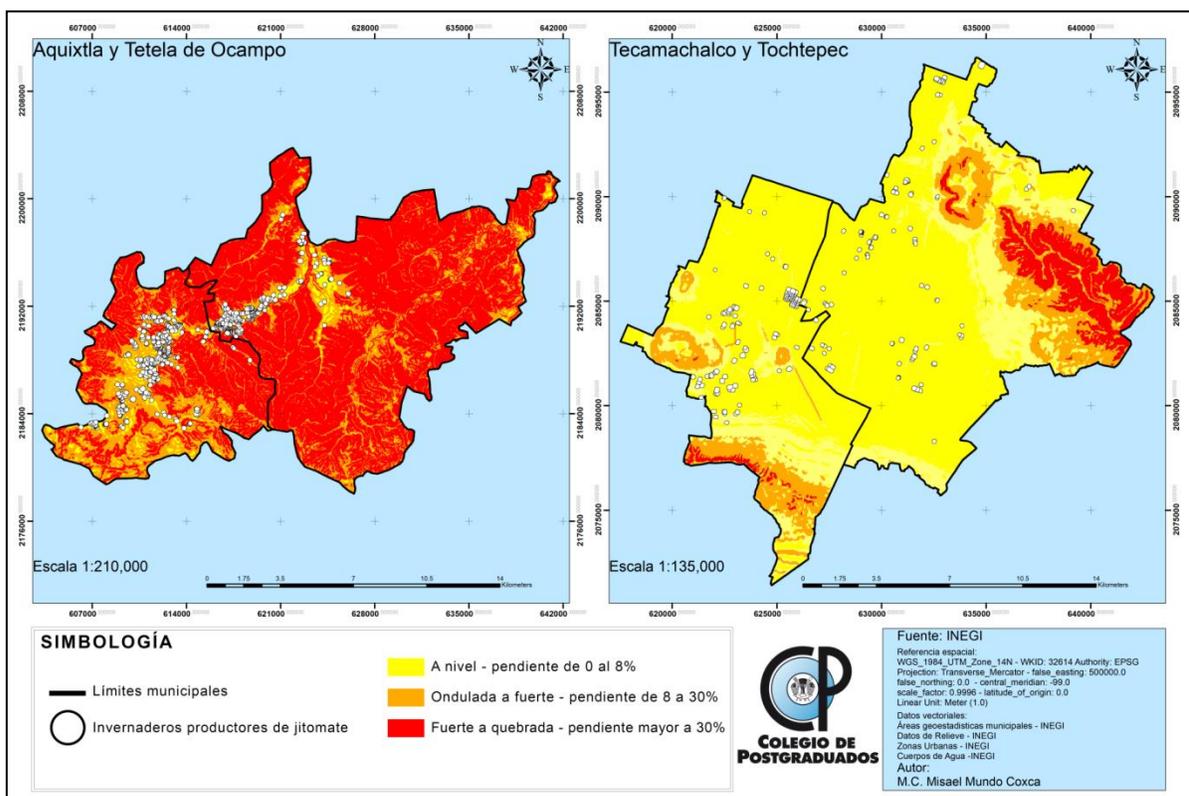


Figura 1.7.- Pendiente de terreno en las zonas de estudio. *Fuente: Elaboración propia*

Análisis de producción de jitomate bajo invernadero

Nivel nacional

A continuación se muestran los datos de superficie de los cinco estados con mayor número de superficie de invernaderos productores de jitomate registrado desde el año 2006 hasta 2014 por del SIAP, así como el total nacional (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2.- Superficies de invernadero productores de jitomate.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Coahuila	0	94	121	247	273	469	420	348	726
San Luis Potosí	90.75	110	185.5	148.5	281.5	446.5	473.94	549.1	637.3
Jalisco	113	508.79	296.5	268	367.75	450.45	382.98	554.5	588.5
Oaxaca	6	29.64	59.03	68.96	166	170.97	375.62	380.6	374.14
Puebla	1.9	31.53	43.33	69	86.89	102.74	212.96	300.06	359.46
Total Nacional	726.77	1481.79	1223	1470.4	2087.6	3272.68	4126.81	3575.94	4336.32

Superficie expresada en hectáreas. Fuente: SIAP, 2017

En el cuadro 1.3 se observa como Puebla mantiene un crecimiento anual promedio del 2.3% a comparación del 0.3% de la superficie nacional, donde en 2011 y 2013 sufrió retrocesos en su crecimiento.

Cuadro 1.3.- Tasa de crecimiento anual de la superficie de invernaderos

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio Anual
Coahuila	0%	29%	104%	11%	72%	-10%	-17%	109%	37%
San Luis Potosí	21%	69%	-20%	90%	59%	6%	16%	16%	32%
Jalisco	350%	-42%	-10%	37%	22%	-15%	45%	6%	49%
Oaxaca	394%	99%	17%	141%	3%	120%	1%	-2%	97%
Puebla	1559%	37%	59%	26%	18%	107%	41%	20%	234%
Total Nacional	104%	-17%	20%	42%	57%	26%	-13%	21%	30%

*Tasa de crecimiento. Fuente: Elaboración propia en base a SIAP,

Puebla rebasa en promedio 31 t ha⁻¹ al rendimiento nacional, en el lapso de 2006 a 2014, tal como lo muestra la figura 1.8.

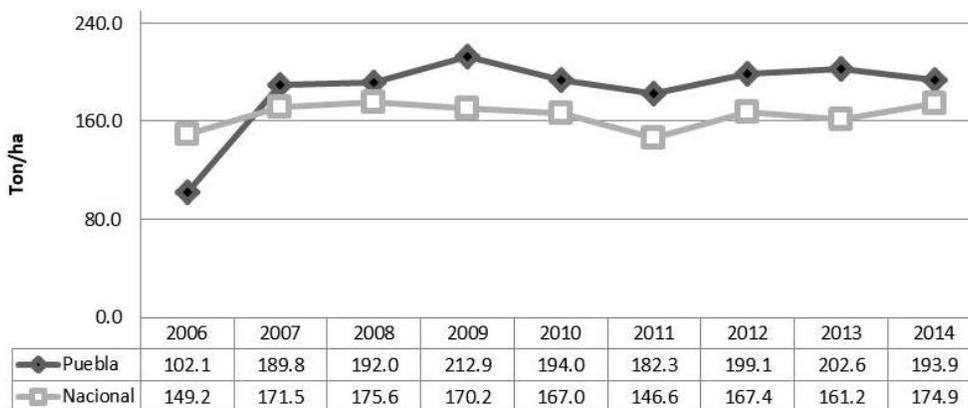


Figura 1.8.- Promedios de rendimiento de jitomate bajo invernadero. Fuente: SIAP, 2017

Los municipios de estudio para los años 2012 y 2013, superan en promedio 3.5 toneladas al rendimiento del estado y al rendimiento nacional lo aventajan con 22.57 toneladas (Cuadro 1.4).

Cuadro 1.4.- Rendimientos promedio de invernaderos productores de jitomate.

	2012	2013	2014
Aquixtla	200	220	199.58
Tetela de Ocampo	200	212	191.3
Tecamachalco	205	200	200
Tochtepec	204	200	199
Estatad	199.1	202.6	193.9
Nacional	167.4	161.2	174.9

Rendimiento expresado en $t\ ha^{-1}$. Fuente: SIAP, 2017.

CONCLUSIONES

Los distintos municipios productores, presentan diferencias considerables en la disponibilidad de uso de suelo en el plano agrícola, debido a la topografía del terreno, este factor podría ser limitante en la instalación de invernaderos, sobre todo en la Zona Norte del Estado.

Los invernaderos son una alternativa de producción, sin embargo el uso y desecho de plásticos así como la aplicación intensiva de agroquímicos debe ser atendida, considerando los efectos colaterales al medio ambiente y la salud humana.

Se concluye que la instalación de los invernaderos productores de jitomate en Puebla se encuentra en constante crecimiento, se puede considerar a esta forma de producir como una actividad rentable, por lo tanto se infiere que la expansión de este tipo de instalaciones se debe a la competitividad del cultivo mediante el uso de innovaciones tecnológicas aplicadas en la producción de jitomate bajo cubierta.

Por lo que, se considera necesario conocer el conjunto de innovaciones tecnológicas involucradas en este medio de producción, con la finalidad de determinar el nivel tecnológico con el que cuentan los invernaderos así como su productividad y rendimiento por unidad a lo largo del estado.

LITERATURA CITADA

- Bastida-Tapia A, J.A. Ramírez-Arias. 2011. Los Invernaderos y la Agricultura Protegida en México. Serie de Publicaciones Agribot. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 415 p.
- Castañeda, M., Rodrigo, V., Ramos, E., Peniche, V. Y Rebeca Del R. 2007. Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*3: 317-335.
- Castellanos J. Perspectivas de la agricultura protegida en México. En: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. 2007. [Consultado 30 de Abril de 2014]. Disponible en: reunionesnacionales.org.mx/rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4_perspectivas1.pdf. Guadalajara, México.
- FAO, R. (2009). Guía para la descripción de suelos. Bolivia. Cuarta edición Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAOSWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón,).
- Gomora-Jiménez, J. A., Sánchez-Meza, J. C., Pacheco-Salazar, V. F., Pavón-Silva, T. B., Adame-Martínez, S., & Barrientos-Becerra, B. (2006). Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola.
- INEGI, 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. 24. Unidades de producción con invernadero, superficie ocupada por el invernadero e invernaderos que reportan venta por entidad y municipio, Puebla. [Consultado 10 de Abril de 2014]. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=10303&c=17177&s=est&f=1>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado en 10 de septiembre de 2018, de: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1: 250 000. Serie IV (continuo nacional).

- Memoria Sexenal, Gobierno del Estado de Puebla, 2014. Gobierno del Estado de Puebla. Memoria Sexenal, 2011. Desarrollo Rural, 33pp. [Consultado 20 de Abril de 2014]. Disponible en: http://www.transparencia.puebla.gob.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=4039&limit=9&limitstart=0&order=date&dir=DESC&Itemid=4366
- Moreno, R., Aguilar, D. Y Luévano, G. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29; 763-774
- Nieves, G., Van Der, Valk V. Y Elings, A. 2011. Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed Wageningen UR Greenhouse Horticulture. Landbouw Economisch Instituut. The Hague. Ministre of Economic Affairs. Rapport GTB 1. 126
- Sandoval, V. M. 2008. Cultivo de jitomate en invernadero en México con énfasis en nutrición", *Jitomate en Tecnología para su producción en invernadero*, Colegio de Postgraduados, vol. 1, 2008. Texcoco, México. Pág. 11-33
- SIAP, 2014. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cultivos de agricultura protegida 2014. Información estadística sobre cultivos, tipo de instalación, superficie cosechada y número de instalaciones. SIAP. [Consultado 20 de Noviembre de 2015]. Disponible en: <http://catalogo.datos.gob.mx/dataset/superficie-cubierta-y-numero-de-instalaciones-de-agricultura-prottegida-siap>
- SIAPRO (2011). Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida. [Consultado 26 de Septiembre de 2015]. Disponible en: <http://www.agriculturaprottegida.siap.gob.mx:8080/inver/map.phtml>

CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE CULTIVO DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum Mill.*) BAJO INVERNADERO EN PUEBLA, MÉXICO.

Misael Mundo-Coxca¹; José Luis Jaramillo-Villanueva^{2*}; Juan Morales-Jiménez³; Antonio Macías-López⁴; Juventino Ocampo-Mendoza⁵; Adrián Gómez-González⁶.

¹²³⁴⁵Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México.

⁶Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, C. P. 78600. San Luis Potosí. México.

Correos electrónicos: mmcoxca@gmail.com¹, jaramillo@colpos.mx², morales@colpos.mx³, mantonio@colpos.mx⁴, jocampo@colpos.mx⁵, agomez@colpos.mx⁶.

*Autor correspondencia: jaramillo@colpos.mx

RESUMEN

Este trabajo describe las características tecnológicas de las unidades de producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo invernadero (UPJ) y las características socioeconómicas de los productores, en cuatro municipios del estado de Puebla. Los datos se obtuvieron de una muestra estadísticas de productores, con una confiabilidad del 95% y precisión del 10% del valor de la media de superficie del invernadero. Se aplicaron 103 encuestas a productores en el segundo semestre de 2017. Se construyó un índice tecnológico (IT) a partir de variables de manejo tecnológico y de equipamiento. El 25% de las UPJ utiliza niveles tecnológicos bajos, el 66% niveles medios y el 9% niveles altos. La explicación del nivel tecnológico utilizado por las UPJ se estimó con un modelo regresión Probit por intervalos. El nivel de escolaridad, la experiencia en la producción bajo invernadero, y el tamaño del invernadero tienen influencia significativa ($p \leq 0.5$). Por lo que se concluye que el nivel tecnológico en las unidades de producción así como el nivel escolar, la superficie cultivada y la experiencia en la producción bajo invernadero por parte de los productores, son factores estrechamente relacionado con la productividad del cultivo. A partir de estos resultados, se podrán desarrollar e implementar

estrategias que permitan brindar asesoría y capacitación en el uso adecuado de las tecnologías y equipos necesarios para lograr altos rendimientos homogéneos en la zona.

Palabras clave: agricultura protegida, *Lycopersicon esculentum Mill*, unidades de producción agrícola.

ABSTRACT

This paper describes the technological characteristics of the greenhouse production units of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*) (UPJ) and the socioeconomic characteristics of producers, in four municipalities of Puebla state. The data was gathered from a statistical sample of tomato with a 95% confidence and 5% of accuracy. 103 surveys were applied to producers in the second half of 2017. A technological index (IT) was constructed using two group of variables; technology type variables and Greenhouse equipment type. Results show that 25% of the PJU used low level of technology, 66% are medium technology level and 9% are high level. The explanation of the technology level use by each PJU was estimated using a Probit regression model. The level of education, the experience in greenhouse production, and the size of the greenhouse have significant influence ($p \leq 0.5$). Therefore, it is concluded that technological level, education, cultivated area and experience in greenhouse production are factors related to the productivity of PJU. Therefore, this results provide some basis to propose production strategies and to provide advice and training in the appropriate use of greenhouse technology to achieve high homogeneous performance in the area.

Keywords: protected agriculture, *Lycopersicon esculentum Mill*, agricultural production units.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha hecho uso de nuevas tecnologías, principalmente plásticos que combinados con el conocimiento en la producción de cultivos, han permitido una nueva forma de producir, conocida como Agricultura Protegida (AP) (Bastida, 2011).

La AP está en crecimiento, en 1980 México contaba con 300 ha y en 2008 con 10,000 ha (SAGARPA, 2012), donde el 66% corresponde a los invernaderos (SIAP, 2014). El cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en AP representa 70% de la superficie cultivada. En 2008 registró un valor de 200 millones de dólares (Sandoval, 2008), y para 2014 generó ingreso por 7,118 millones de pesos (SIAP, 2014).

En el Estado de Puebla, al igual que a nivel nacional, la AP muestra un crecimiento dinámico; en 1997 existían 147 unidades, en 2005 había 742 y en 2007 se registraron 2,309 (INEGI, 2007). El tipo de estructura que predomina es el invernadero, con 72% de ocupación de superficie (SIAP, 2014). El principal cultivo es el jitomate rojo (SIAPRO, 2011). La producción de esta hortaliza generó en 2014 una derrama de 443 millones de pesos (SIAP, 2014). La superficie cosechada y rendimiento del cultivo en el estado ha cambiado; para 2013, había 300 ha sembradas y rendimiento promedio de 175.44 t ha⁻¹, mientras que en 2014, 359.46 ha con rendimiento medio de 169 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Las diferencias en superficie y rendimiento pueden atribuirse a factores como acceso a crédito, programas de apoyo por parte de instituciones gubernamentales y capacitación (FIRA, 2009).

En la producción de jitomate bajo invernadero, la tecnología es un componente muy importante para mejorar los rendimientos (Padilla *et al.*, 2010). La AP sigue dos tendencias, una empresarial con alto nivel tecnológico y la de pequeña escala con bajo nivel tecnológico que la hace vulnerable a las condiciones de competencia en el sector alimentario (García, 2011). La tecnología, educación y fuerza de trabajo permiten generar diferencias en la productividad a través del tiempo (Levitan y Werneke, 1984).

La caracterización de la producción de jitomate permitirá comprender la dinámica y funcionamiento del cultivo en el contexto de su desarrollo, evolución, y cambio con la finalidad de lograr planes y programas para grupos con características similares (Valerio *et al.*, 2004). Por lo anterior, esta investigación tuvo por objetivo caracterizar el nivel tecnológico de las UPJ e identificar las variables sociodemográficas y económicas que explican el comportamiento tecnológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideró la población de productores bajo invernadero en el estado de Puebla 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 que representan el 43.5% de la superficie de invernaderos dedicados al cultivo de jitomate en el estado de Puebla (SIAP, 2014).

Se utilizó un muestreo simple aleatorio, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}$$

Donde

- N = Tamaño de la población
- d = Precisión
- $Z_{\alpha/2}$ = Confiabilidad. Valor de Z (distribución normal estándar)
- S_n^2 = Varianza

La población estuvo integrada por 338 productores distribuidos en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec en el Estado de Puebla. 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 en el estado y una confiabilidad del cinco por ciento.

Localización de la zona de estudio

Aquixtla y Tetela de Ocampo se ubican entre los 1200 a los 3200 msnm en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. Las temperaturas van de los 12 a los 20°C, su precipitación de 600 a 1600 mm, contando con un clima templado subhúmedo. Aquixtla tiene 23 localidades y una población de 7,386 habitantes. Tetela de Ocampo cuenta con 83 localidades y una población de 24,459 habitantes. (INEGI, 2009).

Tecamachalco y Tochtepec cuentan con una provincia fisiografía predominante en el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur, lagos y volcanes del Anáhuac. La temperatura en la zona oscila entre 14 a 18°C, su precipitación de 500 a 700 mm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (100%). Tecamachalco cuenta con 87 localidades y una población de 64,380 habitantes. Tochtepec cuenta con 64 localidades y una población de 18,205 habitantes (INEGI, 2009), (Figura 2.1).

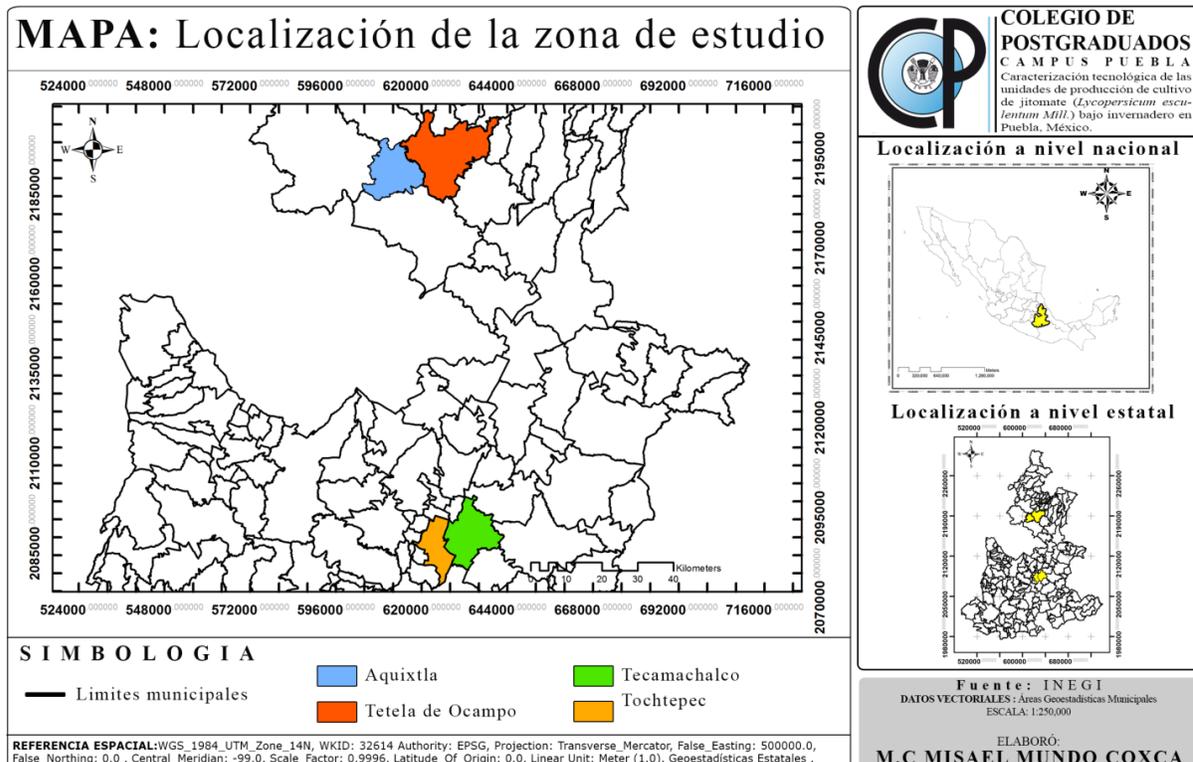


Figura 2.1. Ubicación de los municipios involucrados en el estudio.

La unidad de análisis en el estudio es la UPJ bajo invernadero ubicada dentro de los límites geográficos de la región de estudio, esta representa la unidad económica que ocupa un determinado conjunto de terreno(s), infraestructura, maquinaria y equipo que son utilizados durante las actividades agropecuarias y no agropecuarias por el grupo familiar que vive bajo una misma administración en la cual prevalecen determinadas relaciones de diseño, organización, toma y ejecución de decisiones (Martínez *et al.* 2014). El cuestionario utilizado, se aplicó en el segundo semestre de 2017, y estuvo integrado por 177 preguntas, divididas en a) aspectos sociodemográficos del productor, b) tenencia de la tierra y experiencia en producción, c) aspectos técnicos del invernadero, d) aspectos de producción (siembra,

preparación del suelo, labores culturales y nutrición) y e) equipos adicionales en el invernadero .

Para conocer el Índice Tecnológico (IT) en las UPJ se generaron dos subíndices; el Índice de Manejo Tecnológico (IMT) se construyó asignando un valor a cada una de las actividades y/o componentes tecnológicos aplicados en el cultivo (Cuadro 2.1); y el Índice de Equipamiento (IEQ) que responde al número de equipos adicionales al sistema de riego utilizado en los invernaderos. El IT es producto del promedio aritmético entre el IMT y el IEQ.

Índice de manejo tecnológico

El valor de cada componente, responde a un valor mínimo (1) , intermedio (2) y máximo (3), esta ponderación en la estructuración del IMT se realizó en base al índice propuesto por Ortiz (2005) en función a las labores culturales realizadas a la planta y la tecnología implementada, con adecuaciones de Carrillo *et al.*, (2003) en el componente de densidad de siembra , de Martínez *et al.*, (2005) en la importancia del material genético utilizado y de Ucan *et al.*, (2005) en los componentes de podas, raleo y riego, además de la opinión de productores en la zona de estudio, en el contexto del manejo del cultivo de jitomate bajo invernadero.

Para su análisis se aplicó la siguiente formula: $IMT = \frac{X - Min}{Max - Min}$

Dónde:

- IMT = Índice de manejo Tecnológico.
- X = Es la \sum de los valores acumulados de las 10 prácticas o labores culturales que realizan los productores de jitomate.
- Mín. = Es el valor mínimo de los puntos acumulados para cada caso igual a 10.
- Máx. = Es el valor máximo de los puntos acumulados igual a 30.

Cuadro 2.1. Estructuración del índice de manejo tecnológico

C.A.T.*	Tipo	V**
1.-Material genético.	Híbrido	1
	Variedad	2
	Variedad-Híbrido	3
2. Edad al trasplante.	30-50 días	1
	20-30 días	2
	10-20 días	3
3.-Numero de plantas por metro cuadrado.	De 1 a 4 plantas m ² .	1
	De 5 a 8 plantas m ²	2
	De 9 a 12 plantas m ²	3
4.-Frecuencia de riego.	Cada tercer día	1
	Diario	2
	De acuerdo a las necesidades de la planta	3
5.- Poda de tallos.	De tres a mas tallos	1
	A un tallo	2
	A dos tallos	3
6.- Forma de polinizar	Vibración manual de la planta (paleo y/o sacudiendo hilos).	1
	Alternancia entre vibración manual y abejorros.	2
	Uso único de abejorros y/o Pulverizador de aire para polinizar.	3
7.-Altura de trasplante.	Menos de 15 y más de 26 cm.	1
	De 21 a 25 cm.	2
	De 15 a 20 cm.	3
8.- Poda de brotes, hojas y raleo.	Solo poda de brotes o solo poda de hojas o solo raleo.	1
	Poda de hojas y brotes o Poda de hojas y raleo o Podas de brotes y raleo.	2
	Poda de hojas , brotes y raleo	3
9.-Numero de podas realizadas en el ciclo	Menos de 20 podas	1
	De 20 a 24	2
	Más de 24	3
10.- Suelo	Acolchado dentro de las instalaciones o solo desinfección de suelo o solo aplicación de abonos previos a la siembra	1
	Acolchado de planta y desinfección o Acolchado y aplicación de abono previo o Desinfección de suelo y aplicación de abono previo.	2
	Acolchado de planta, desinfección de suelo y aplicación de abono previo a la siembra.	3

*Componente y/o actividad tecnológica - ** Valor asignado

Índice de equipamiento

El IEQ se construyó asignando un valor al número de equipos adicionales al sistema de riego en los invernaderos (cuadro 2.2). Se estableció un rango de valores conforme la importancia y

grado de complejidad de cada equipo, siendo el máximo 4 y el mínimo 1, en base a García (2011), adecuando el índice a la zona de estudio.

Cuadro 2.2. Estructuración del índice de equipamiento.

Equipo	Valor
Báscula	1
Mochila aspersora manual	1
Termómetro de mercurio	1
Termómetro digital (higrómetro)	2
Higrómetro de suelo	2
Conductímetro	2
Peachímetro	2
Parihuela	3
Mochila aspersora de motor	3
Quemador de gas	4
Computadora	4
Riego computarizado	4
Calefactor con ventilador	4

Fuente: Elaboración propia en base a García (2011), modificado para la zona de estudio.

Para su cálculo se aplicó la siguiente formula: $IEQ = \frac{X - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$

Dónde:

- IEQ = Nivel de equipamiento
- X = Es la \sum de los valores acumulados de los 13 equipos adicionales al sistema de riego en el invernadero.
- Mín. = Es el valor mínimo de los puntos acumulados para cada caso igual a 1.
- Máx. = Es el valor máximo de los puntos acumulados igual a 33.

Una vez obtenido el índice de equipamiento de las UPJ, se describió su frecuencia y porcentaje de presencia en la zona de estudio.

Índice Tecnológico

El IT es el promedio aritmético del valor del IMT y del IEQ. Para explicar el comportamiento del IT se utilizó un modelo de regresión Probit ordenado, este modelo permite el cálculo de las probabilidades predichas para cada categoría de la variable dependiente y sus efectos marginales; el modelo Probit tiene una distribución simétrica en forma de campana (Greene, 2008). El efecto marginal significa que un cambio de una unidad en la variable explicativa dará lugar a un aumento o disminución en la probabilidad prevista igual al tamaño del efecto

marginal, la elección de este modelo se debe a las ventajas que representa en su forma funcional (las probabilidades estimadas están siempre en el intervalo 0,1 y son captados efectos no lineales de las variables explicativas sobre la variable explicada) (Long, 1997).

Las variables con las que se estimó el modelo empírico se describen en el Cuadro 2.3. La especificación es la siguiente:

$$IT_i = b_0 + b_1 EDAD1 + b_2 EDAD2 + b_3 ESC1 + b_4 ESC2 + b_5 ESC3 + b_6 ESC4 + b_7 EXP1 + b_8 EXP2 + b_9 EXP3 + b_{10} EXPI1 + b_{11} EXPI2 + b_{12} EXPI3 + b_{13} REN1 + b_{14} REN2 + b_{15} REN3 + b_{16} SUP1 + b_{17} SUP2 + b_{18} SUP3 + b_{19} SUP4 + e_i$$

Cuadro 2.3.- Variables utilizadas en el modelo Probit.

Variable original	Variable dummy	Código variable dummy
Edad del productor	1) Menor a 35 años (EDAD1)	Edad 1
	2) De 36 a 55 años (EDAD1)	Edad 2
Escolaridad	3) Primaria (ESCOL1)	Escol 1
	4) Secundaria (ESCOL2)	Escol 2
	5) Preparatoria (ESCOL3)	Escol 3
	6) Licenciatura y posgrado (ESCOL4)	Escol 4
Años de experiencia como agricultor	7) De 6 a 10 años (EXP1)	Exp A1
	8) De 11 a 20 años (EXP2)	Exp A2
	9) Más de 20 años (EXP3)	Exp A3
Años de experiencia en producción bajo invernadero	10) De 3 a 6 años (EXPI1)	Exp I1
	11) De 7 a 9 años (EXPI2)	Exp I2
	12) Más de 10 años (EXPI3)	Exp I3
Rendimiento de la UPJ	13) De 101 a 150 t ha ⁻¹ (REN1)	Rendim 1
	14) De 151 a 300 t ha ⁻¹ (REN2)	Rendim 2
	15) Más de 300 t ha ⁻¹ (REN3)	Rendim 3
Superficie de la UPJ	16) 1,001 a 2,000 m ² (SUP1)	Sup 1
	17) 2,001 a 3,000 m ² (SUP2)	Sup 2
	18) 3,001 a 5,000 m ² (SUP3)	Sup 3
	19) 5,000 m ² o más (SUP4)	Sup 4

Fuente: Encuestas aplicadas en julio 2017

La variable dependiente es el IT_i, con tres diferentes categorías IMT=0; IMT=1 (bajo); IMT=2 (medio); IMT=3 (alto), los rangos fueron definidos conforme a los resultados obtenidos en la creación del índice, β₀ es la constante de la regresión, las β_i son los coeficientes estimados de la regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 92% de los productores son hombres y 8% son mujeres, este porcentaje de hombres es mayor al reportado por Martínez *et al.* (2014). La edad promedio fue de 42 años, lo que está en línea con lo reportado por Vargas *et al.*, (2015) y Martínez *et al.*, (2014). El promedio escolar es de 8.6 años, mayor a los 6 años reportados por Ortega *et al.* (2014) y similar al reportado por Vargas *et al.* (2015) de 9.22 años. La producción de jitomate bajo invernadero es la fuente principal de ingresos (77%), y 23% realiza una combinación de actividades como el cultivo de diferentes hortalizas a cielo abierto, comercio de abarrotes, engorda de puercos y venta de ganado vacuno.

El 90% de la tenencia de la tierra es privada, 7% rentada y 3% pequeña propiedad y ejidal. La experiencia promedio como agricultores a cielo abierto es de 19 años; 83% se dedica a actividades ubicadas en el sector primario, porcentaje mayor al mostrado por Ortega *et al.* (2014).

El agua utilizada en el cultivo, proviene de ríos y manantiales (70%) (Ortega *et al.*, 2014) y otros cuentan con el líquido mediante pozos propios o de terceros (30%), los municipios de Aquixtla y Tetela de Ocampo pertenecen a la región hidrológica Tuxpan-Nautla dentro de la cuenca del Río Tecolutla, con la subcuenca del Río Tecuantepec, Apulco y Laxaxalpan, mientras que Tecamachalco y Tochtepec se ubican en la región hidrológica del Balsas teniendo como cuenca y subcuenca al Río Atoyac.

Los invernaderos de multitúnel con ventila cenital móvil y fija representan el tipo de construcción más frecuente (94%), la superficie promedio es de 3900 m², mayor a lo reportado por Ortega *et al.* (2014), Vargas *et al.* (2015) y Martínez *et al.* (2014). Los materiales utilizados en la estructura del invernadero, son el perfil tubular rectangular (PTR) galvanizado y las cubiertas por plásticos de 16 diferentes variantes, 100% emplea el polietileno como material de cubierta (Martínez *et al.*, 2014 y Ortega *et al.*, 2014). De las UPJ, 43% se establecieron con recursos propios de los productores, 30% con apoyo gubernamental y sus propios recursos (Ortega *et al.*, 2014), a diferencia de Martínez *et al.* (2014) que reporta un 77.6% de inversión Federal/Estatal para su instalación.

El funcionamiento de los invernaderos tiene un promedio de 7 años, cifra mayor a la reportado por Martínez *et al.* (2014), Ortega *et al.* (2014) y Vargas *et al.* (2015); existen dos ciclos de siembra, uno de Enero a Julio y el otro de Septiembre a Febrero, mientras que la cosecha se realiza en los meses de Mayo-Julio y Octubre-Diciembre. La siembra se lleva a cabo mediante semilla (66%) y esqueje (34%), 23 variedades diferentes han sido utilizadas en los últimos dos ciclos de siembra; las variedades más utilizadas son Reserva, El Cid, Pai-Pai, Saladette y Optimax (65%), 35% lo disputan 18 diferentes variedades. En su producción, 57% utiliza una variedad, 33% usó dos, 8% utilizó 3 y solo 1% ha probado 4 variedades diferentes. Respecto al número de plantas por m² se tiene un promedio de 3.1 plantas por m² (Martínez *et al.*, 2014).

El rendimiento promedio es de 152 t ha⁻¹, 17 toneladas por debajo del promedio estatal y 22 menos que el promedio nacional (SIAP, 2016), estos rendimientos difieren de lo observado por Vargas *et al.* (2015) y Ortega *et al.* (2014).

De la cosecha obtenida, conforme a la calidad se obtuvo en promedio de 71% para el tomate de primera, 18% de segunda y 11% de tercera; los precios promedio de 2016 a 2017 tuvieron un máximo de \$19.94 y como mínimo \$4.81, las ventas se realizaron en su mayoría a intermediarios (74%) que colectaron el producto directamente en las UPJ, el resto vendió directamente a la central de abastos (23%) de Puebla, México, Morelos y Toluca, y solo el 3% vendió su producto a mercados locales.

Un 70% de los productores cuenta con mano de obra familiar para las labores del cultivo (de uno a tres integrantes del núcleo familiar (Martínez *et al.*, 2014), 23% contrató al menos 4 personas para realizar las actividades diarias en el invernadero. Se pagó, en promedio, en \$130 por jornal y oscilan entre \$120.00 hasta los \$200.00; 35% de los productores capacitan personalmente a sus trabajadores, en promedio de 3 a 6 meses; 35% de los productores ha recibido asesoría técnica y se ha capacitado en el manejo del cultivo, 13% se ha capacitado en aspectos de comercialización. Este aspecto es de importancia debido a que la capacitación de quienes se encargan del manejo y administración de la UPJ influencia en su productividad (Moreno *et al.*, 2011).

Para el desarrollo de su actividad productiva, 31% de los productores recibieron al menos un apoyo en materia de asesoría técnica, créditos y subsidios económicos, brindados por el gobierno estatal y federal. La asesoría en aspectos comercialización ha sido brindada (en orden de importancia) por el gobierno estatal e instituciones educativas de nivel superior como la BUAP (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla) y la UTTECAM (Universidad Tecnológica de Tecamachalco), a diferencia de lo mencionado por Ortega et al. (2014), que destaca la nula relación de los productores con algún centro de investigación o universidad.

Índice de Manejo tecnológico (IMT)

Conforme a los resultados encontrados en el análisis de 10 variables categóricas que integran los componentes tecnológicos y labores culturales (IMT) se obtuvieron puntajes que van de 0.15 a 0.70, permitiendo determinar 3 diferentes niveles; Menor a 0.25 = bajo; de 0.26 a 0.50 = medio; y Mayor a 0.50 = alto. Las UPJ cuentan con un 60% de nivel tecnológico medio, 26% bajo y 14% alto.

Índice de equipamiento (IEQ)

El IEQ de los invernaderos mostró puntajes que van de 0.06 a 0.76, permitiendo determinar 3 diferentes niveles: menor a 0.25 = bajo; de 0.26 a 0.50 = medio; y mayor a 0.50 = alto. Las UPJ cuentan con un 25% bajo, 66% nivel medio y 9% alto. En el cuadro 2.4, se aprecian las diferencias de rendimiento conforme al nivel en cada uno de los índices.

Cuadro 2.4.- Número de productores y promedio de rendimiento en cada índice obtenido.

Índices obtenidos	Bajo		Medio		Alto	
	n	rendimiento*	n	rendimiento*	n	rendimiento*
IMT	27	91.63	62	152.7	14	263.2
IEQ	40	128.7	57	156.0	6	264.5

**Rendimiento promedio*

Conforme a los resultados anteriores, se deduce que el número de equipos adicionales (García, 2011) y las actividades aplicados en el cultivo permiten incrementar los rendimientos.

Análisis del Índice tecnológico

Una vez obtenidos el IMT y el IEQ, se promediaron y se obtuvo el IT para cada UPJ. El IT representa el nivel de uso de tecnología de cada Unidad de Producción. El cual está relacionado con el rendimiento de jitomate. La diferencia de las medias de rendimiento del IT bajo-medio, medio-alto, y bajo-alto son significativos ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5.- Diferencia de las medias del rendimiento entre las categorías del IT.

Nivel del IT	Observaciones	Media de rendimiento	Diff. de la media	Mínimo	Máximo
Bajo	26	98.6	--	34	180
Medio	68	158.4	59.8*	24	340
Alto	9	255.0	96.6*	200	360
Total	103	151.7	--	24	360

**La diferencia de las medias es significativa ($p \leq 0.05$).*

Para explicar el comportamiento del IT se estimó un modelo regresión Probit. Las estimaciones de los parámetros y las estadísticas de ajuste del modelo se muestran en el Cuadro 2.6. Siete variables en el modelo explicativo del IT fueron significativas ($P < 0.05$). La escolaridad resultó significativa en el estrato que integran los productores con licenciatura y/o posgrado, la experiencia como agricultor en el estrato de 11 a 20 años, en la experiencia con la agricultura bajo invernadero el estrato que tienen más de 10 años produciendo con este método, además, en el rendimiento en los grupos de 151 a 300 t ha⁻¹ y los que producen más de 300 t ha⁻¹, finalmente los estratos de superficie de 3,001 a 5,000m² y más de 5000m².

Cuadro 2.6.- Resultados del modelo Probit del IT.

Variable código	Variable	β	Error estándar	Valor de t
Edad 1	Menor de 35 años	-0.32	0.75	-0.43
Edad 2	De 36 a 55 años	0.41	0.66	0.62
Escol 1	Primaria	1.36	0.89	1.53
Escol 2	Secundaria	1.55	0.83	1.87*
Escol 3	Preparatoria	1.19	0.85	1.40
Escol 4	Licenciatura y posgrado	4.89	1.46	3.35**
Exp A1	De 6 a 10 años	-0.88	0.58	-1.52
Exp A2	De 11 a 20 años	-0.75	0.31	-2.42**
Exp A3	Más de 20 años	-0.78	0.6	-1.30
Exp I1	De 3 a 6 años	0.74	0.61	1.21
Exp I2	De 7 a 9 años	0.22	0.7	0.31
Exp I3	Más de 10 años	0.73	0.2	3.65**
Rendim 1	De 101 a 150 t ha ⁻¹	0.4	0.42	0.95
Rendim 2	De 151 a 300 t ha ⁻¹	1.61	0.58	2.78**
Rendim 3	Más de 300 t ha ⁻¹	3.01	0.83	3.63**
Sup 1	De 1,001 a 2,000 m ²	0.19	0.59	0.32
Sup 2	De 2,001 a 3,000 m ²	-0.79	0.55	-1.44
Sup 3	De 3,001 a 5,000 m ²	0.68	0.22	3.09**
Sup 4	De 5,000 m ² o más	0.35	0.11	3.18**
Log likelihood			-45.333444	
LR chi ²			112.88	
Prob > chi2			0.000	
Pseudo R2			0.581	

**Variables significativas ($P < 0.05$).

En el modelo Probit, los coeficientes del modelo se interpretan como logaritmo de la razón de probabilidades (odd ratios); por cada incremento de una unidad en la variables explicativa, la variable respuesta (IT) cambia en alguna de sus categorías, en la magnitud del coeficiente (Greene, 2008). Para hacer informativos los coeficientes del modelo, se calculó el efecto marginal que define el impacto de un cambio en una variable explicativa sobre las probabilidades predichas de IT; para una variable explicativa, un cambio de una unidad, impacta en aumento o disminución en las probabilidades predichas, en la magnitud del efecto marginal (Greene, 2008). El cuadro 2.7 presenta los efectos marginales de las variables explicativas del modelo, para cada uno de los niveles de IT.

Cuadro 2.7.- Efectos marginales en el modelo de IT.

Variable código	Variable	IT=1 (Bajo)	IT=2 (Medio)	IT=3 (Alto)
Edad 1	Menor de 35 años	0.014	0.016	-0.030
Edad 2	De 36 a 55 años	-0.018	-0.020	0.041
Escol 1	Primaria	-0.060	-0.070	-0.134
Escol 2	Secundaria	-0.073	-0.081	0.055
Escol 3	Preparatoria	-0.051	-0.062	0.114
Escol 4	Licenciatura y posgrado	-0.231	-0.269	0.499
Exp A1	De 6 a 10 años	0.035	0.045	-0.089
Exp A2	De 11 a 20 años	0.053	0.062	-0.118
Exp A3	Más de 20 años	0.042	0.045	-0.088
Exp I1	De 3 a 6 años	-0.037	-0.045	0.085
Exp I2	De 7 a 9 años	-0.013	-0.015	0.125
Exp I3	Más de 10 años	-0.062	-0.071	0.130
Rendim 1	De 101 a 150 t ha ⁻¹	-0.136	0.135	0.002
Rendim 2	De 151 a 300 t ha ⁻¹	-0.349	0.305	0.539
Rendim 3	Más de 300 t ha ⁻¹	-0.371	-0.579	0.945
Sup 1	De 1,001 a 2,000 m ²	-0.005	-0.015	-0.018
Sup 2	De 2,001 a 3,000 m ²	0.071	-0.025	-0.045
Sup 3	De 3,001 a 5,000 m ²	-0.002	-0.003	0.113
Sup 4	De 5,000 m ² o más	-0.008	-0.016	0.129

La escolaridad está directamente relacionada con un mayor IT; tener primaria, disminuye la probabilidad de tener IT alto, mientras que tener preparatoria aumenta la probabilidad de tener IT alto en 11%, y tener licenciatura o mayor, aumenta la probabilidad de tener IT alto en 49.9%. Lo que significa que tener capital humano, representado por la escolaridad, facilita la asimilación de tecnologías en la empresa (Del Águila y Padilla, 2010), además que el nivel escolar puede ser un factor determinante en el desempeño de las tecnológicas utilizadas en la agricultura protegida (Vargas *et al.*, 2015). Tener experiencia en la producción bajo invernadero también está relacionado con un mayor nivel de IT, especialmente mayor a siete años, que aumenta la probabilidad de in IT alto en 12.5%. Más allá de los 10 años de experiencia en este aspecto, no aumenta la probabilidad de un IT alto de forma importante. Bajo este tenor es de considerar que uno de los principales atributos que afectan el desempeño de la tecnología utilizada en la UPJ son la experiencia en la actividad productiva (Vargas *et al.*, 2015). La variable que más aumenta las probabilidades de tener un IT alto son los rendimientos. Especialmente en el estrato de más de 300 t ha⁻¹. Por su parte, la superficie

muestra que menos de 3 mil m² reduce las probabilidades de tener un IT alto, mientras que a partir de esta superficie bajo invernadero, las probabilidades aumentan de forma importante.

CONCLUSIONES

De las UPJ de jitomate bajo invernadero en Puebla, la mayoría cuentan con 7 años promedio de haber sido establecidas, lo cual muestra una actividad productiva permanente, además que el acceso a apoyos para el establecimiento de los invernaderos no son un factor que determine su presencia, debido a que 44% instaló su UPJ con recursos propios, sin embargo siguen siendo esenciales estos apoyos en lo referente al asesoramiento y capacitación de al menos 30% de los productores.

La productividad de las UPJ, radica en la experiencia del manejo del cultivo y la forma en que se realizan las actividades y/o componentes tecnológicos aplicados al jitomate, así como el equipamiento en cada una de ellas; ambos son factores determinantes en la mejora del rendimiento, por lo que es necesario fortalecer el vínculo de los centros de investigación y gobierno en sus distintos niveles en el contexto de asesoramiento y capacitación apropiadas a cada productor.

Las variables más importantes que explican el nivel tecnológico, y también las que están directamente relacionadas con un IT alto son el nivel de escolaridad, la experiencia en la producción bajo invernadero, un nivel de rendimiento alto y la superficie cultivada bajo esta modalidad. Por lo que estos resultados se pueden usar para generar estrategias tendientes a mejorar la adopción de tecnología, que permitan mantener rendimientos altos.

LITERATURA CITADA

- Bastida-Tapia A, J.A. Ramírez-Arias. 2011. Los Invernaderos y la Agricultura Protegida en México. Serie de Publicaciones Agribot. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 415 p.
- Carrillo, J., & Jiménez, F., & Ruiz, J., & Díaz, G., & Sánchez, P., & Perales, C., & Arellanes, A. (2003). Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 14 (1), 85-88.

- Del Águila, A. y Padilla, A. (2010). "Factores determinantes de la innovación en empresas de economía social. La importancia de la formación y de la actitud estratégica". CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa, 67(2),129-155. 12/01/2015. Recuperado de: http://www.ciriec-revistaeconomia.es/banco/6706_Aguila_y_Padilla.pdf
- FIRA, 2009. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Agricultura Protegida para Pequeños y Medianos Productores en Michoacán. Boletín informativo, Nueva Época, Numero 5, 45 p., Año 2009. (Consultado 18 de septiembre de 2017). Disponible en: <http://fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=3675>
- García Sánchez, E. I., Ávila, J. A., & Muñoz, R. B .et al., 2011. La agricultura protegida en Tlaxcala. Méjico: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización Teuken Bidikay, 2 (2011), pp. 193-212
- Greene, W. H. (2008). Econometric analysis. 6th ed.Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- INEGI, 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. 24. Unidades de producción con invernadero, superficie ocupada por el invernadero e invernaderos que reportan venta por entidad y municipio, Puebla. (Consultado 10 de Abril de 2014). Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=10303&c=17177&s=est&f=1>
- INEGI, 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal .Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tecamachalco, Puebla. Clave geoestadística 21154. 9 pp.; Tetela de Ocampo, Puebla Clave geoestadística 21172. 9 pp. ; Tochtepec, Puebla. Clave geoestadística 21189. 9 pp.; Aquixtla, Puebla. Clave geoestadística 21016. 9 pp.
- Levitan, S. A., & Werneke, D. (1984). Productivity--problems, prospects, and policies (No. 40). Johns Hopkins University Press
- Long, J.S. (1997). Regression models for categorical and limited dependent variables. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Martínez-Gutiérrez, Gabino Alberto, Díaz-Pichardo, René, Juárez-Luis, Griselda, Ortiz-Hernández, Yolanda D., & López-Cruz, Juana Y. (2014). Caracterización de las unidades de producción de tomate en invernaderos de Oaxaca. Agricultura, sociedad y desarrollo, 11(2), 153-165. Recuperado en 09 de enero de 2018, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000200002&lng=es&tlng=pt.

- Martínez-Solís, J., & Peña-Lomelí, A., & Rodríguez-Pérez, J., & Villanueva-Verduzco, C., & Sahagún-Castellanos, J., & Peña-Ortega, M. (2005). Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 11 (2), 299-307.
- Moreno, R., Aguilar, D. Y Luévano, G. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29; 763-774
- Ortega, M. L. D.; Ocampo, M. J.; Sandoval, C. E. y Martínez. V. C. 2014. Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México. *Rev. Bio Cienc.* 2(4):261-270.
- Ortiz, N., López, A. A., Alejandro, G. L., & Felipe, E. P. (2005). La tecnología en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) en invernadero y su efecto socio-económico en las regiones cafetaleras de Huatusco y Córdoba, Veracruz (No. Tesis). Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Programa en Agroecosistemas Trópicos.
- Padilla L E., Rumayor A., Pérez O. y Reyes E., 2010. Competitiveness of Zacatecas (México) Protected Agriculture: The Fresh Tomato Industry. *International Food and Agribusiness Management Review* Volume 13. Pp: 45:64.
- SAGARPA, 2012. Agricultura protegida 2012. (Consultado 30 de Septiembre de 2015) <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx>
- Sandoval, V. M. 2008. Cultivo de jitomate en invernadero en México con énfasis en nutrición", *Jitomate en Tecnología para su producción en invernadero*, Colegio de Postgraduados, vol. 1, 2008. Texcoco, México. Pág. 11-33.
- SIAP, 2014. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cultivos de agricultura protegida 2014. Información estadística sobre cultivos, tipo de instalación, superficie cosechada y número de instalaciones. SIAP. (Consultado 20 de Noviembre de 2015). Disponible en: <http://catalogo.datos.gob.mx/dataset/superficie-cubierta-y-numero-de-instalaciones-de-agricultura-protegida-siap>
- SIAP, 2016. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por cultivo, 2016. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*, superficie

- sembrada y cosechada, toneladas cosechadas. (Consultado 15 de Febrero de 2018).
Disponible en: <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAPRO (2011). Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida. (Consultado 26 de Septiembre de 2015). Disponible en: <http://www.agriculturaprotegida.siap.gob.mx:8080/inver/map.phtml>
- Ucan Chan, I., & Sánchez Del Castillo, F., & Contreras Magaña, E., & Corona Sáez, T. (2005). Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28 (1), 33-38.
- Valerio, D., A. García, R. Acero, A. Castaldo, J.M. Perea Y J. Martos. 2004. Metodología para la caracterización y tipificación de Sistemas Ganaderos. Dpto. de producción animal Universidad de Córdoba. Producción animal y gestión. issn: 1698-4226. DT1, Vol. 1. 9p.
- Vargas Canales, Juan Manuel, Palacios Rangel, María Isabel, Camacho Vera, Joaquín Huitzilihuitl, Aguilar Ávila, Jorge, & Ocampo Ledesma, Jorge Gustavo. (2015). Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(4), 827-840. Recuperado en 12 de diciembre de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000400013&lng=es&tlng=es.

CAPITULO III. DINÁMICA DE INNOVACIONES EN LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.) BAJO INVERNADERO EN PUEBLA, MÉXICO.

Misael Mundo-Coxca¹; José Luis Jaramillo-Villanueva^{2*}; Juan Morales-Jiménez³; Antonio Macías-López⁴; Juventino Ocampo-Mendoza⁵; Adrián Gómez-González⁶.

¹²³⁴⁵Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México.

⁶Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, C. P. 78600. San Luis Potosí. México.

Correos electrónicos: mmcoxca@gmail.com¹, jaramillo@colpos.mx², morales@colpos.mx³, mantonio@colpos.mx⁴, jocampo@colpos.mx⁵, agomez@colpos.mx⁶.

*Autor correspondencia: jaramillo@colpos.mx

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 pertenecientes al 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%; 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 y 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 a 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.

Artículo pendiente de envío.

Palabras clave: agricultura protegida, tecnología, adopción, redes sociales.

ABSTRACT

The use of technological innovations in the greenhouse vegetables production translates into high yields for producers. This research analyzes the index of adoption of innovations (InAI) in the production units of tomato (PUT) under greenhouse in in the municipalities of Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco and Tochtepec belonging to the state of Puebla and its relation with the yield of the crop, besides knowing the implicit actors in the diffusion of innovations through an analysis of social networks. 103 interviews were applied to producers in the second semester of 2017, using a structured questionnaire. A global InAI of 36% was obtained; the analysis of social networks showed that innovation learning is mainly carried out among producers despite not having a formal organization and private technical advice is responsible for the transfer of technology in the PUT. The InAI has a positive correlation ($p < 0.05$) with the performance of the PUT, so it is important for the decision makers and in particular the producers, to generate formal communication channels that allow exchanging experiences fostering learning in joint, with the aim of increasing the InAI and consequently improve the performance of the PUT in the state.

Keywords: protected agriculture, technology adoption, social networks

INTRODUCCIÓN

En la última década, la instalación de invernaderos en el Estado de Puebla ha ido en aumento, en 1997 se registraron 147 unidades y para 2007 había 2,309 (INEGI, 2007; SIAP, 2014; SIAPRO, 2011), este tipo de producción en agricultura protegida ha generado una derrama económica de 520 millones de pesos al año. El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es el principal cultivo bajo invernadero, en el año 2014 se reportaron 1002 unidades, con una superficie de 175 has (SIAP, 2014).

Los invernaderos son una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir las condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de

cultivos (Juárez, 2011); para su establecimiento, es importante que los productores cuenten con un respaldo financiero (Warman, 2001), además de contar con habilidades y capacidades necesarias para utilizarla (Moreno, 2011).

En México 2 de cada 10 productores cuentan con experiencia en agricultura protegida y 1 de cada 10 se encuentran en proceso de aprendizaje (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 social (heterogénea con escaso nivel tecnológico y limitada innovación e inversión) (García, 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).

El proceso previo a la aplicación de una innovación, es la adopción de innovaciones, 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). En el ámbito agropecuario, la adopción de innovaciones es considerada como el uso de una tecnología a largo plazo por parte del productor, siempre y cuando tenga información vasta sobre la misma y su potencial (Feder *et al*, 1985).

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 (Rogers, 2003); mediante la difusión se propagan aquellas innovaciones exitosas a lo largo del tiempo entre los integrantes de un sistema social, desplazando a las inferiores o se combinan con las alternativas existentes (Sarkarj, 1988; Valente, 1995).

Salomon y Engel (1999) señalan que en el medio agrícola, la clave para la difusión y empleo de innovaciones, 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 (Koschatzky, 2002), por lo que 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.

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; Valente, 1996). 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 (Wasserman y Faust, 1994).

Este trabajo tiene por 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, mediante la obtención del índice de adopción de innovaciones (InAI) en los productores y describir los actores relevantes su difusión empleando el análisis de redes sociales, además de analizar la relación del InAI con 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. Se ubican entre los 1200 a los 3200 msnm, las temperaturas van de los 12 a los 20°C, cuenta con un clima templado subhúmedo, su precipitación de 600 a 1600 mm (INEGI, 2009). Tecamachalco y Tochtepec cuentan con una provincia fisiografía predominante en el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur, lagos y volcanes del Anáhuac.

La temperatura en la zona oscila entre 14 a 18°C, su precipitación de 500 a 700 mm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (100%) (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 3.1) que representan el 43.5% de la superficie de invernaderos dedicados al cultivo de jitomate en el estado de Puebla (SIAP, 2014).

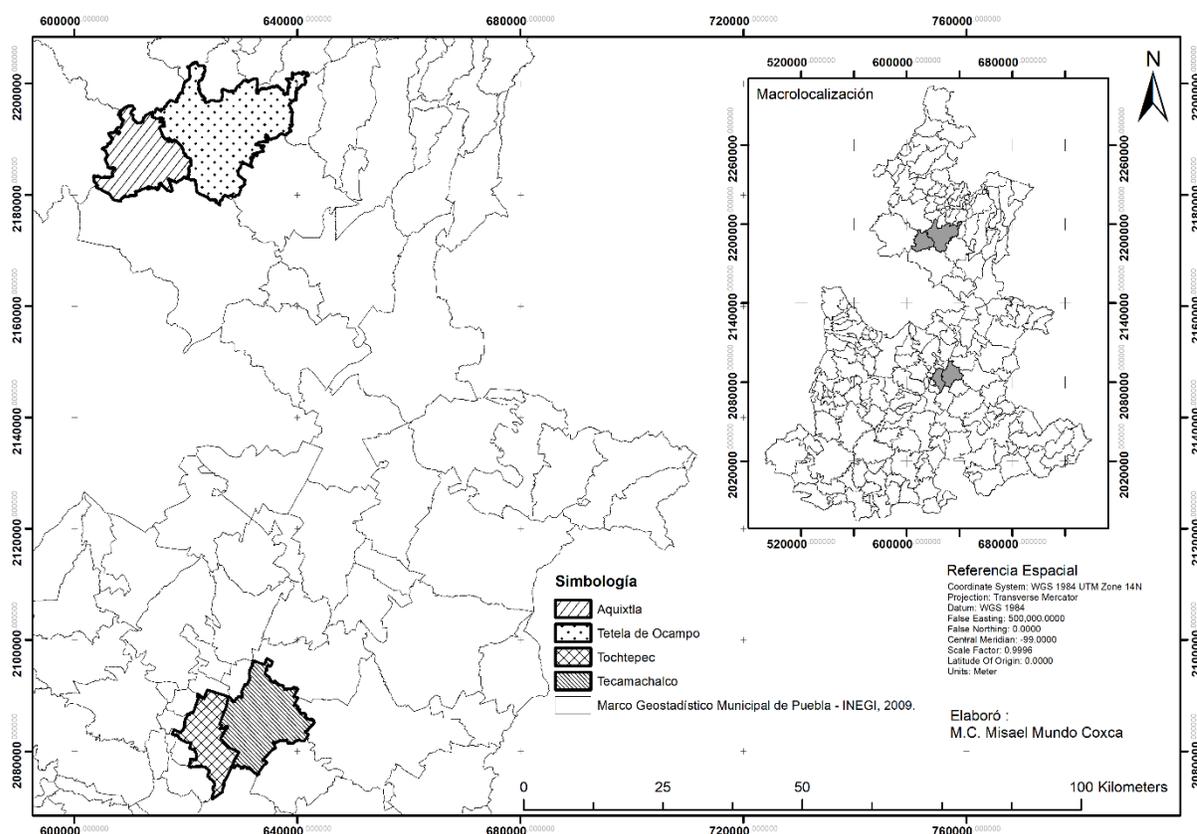


Figura 3.1.- Localización del área de estudio. *Fuente: Elaboración propia en base a INEGI (2009).*

La población estuvo integrada 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 en el estado y una confiabilidad del cinco por ciento.

Se aplicó un cuestionario en julio de 2017, y estuvo 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 obtuvo el 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 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.*, 2007):

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

Dónde: 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; y k= número total de categorías.

Este índice se calculó por categorías de cada innovación y finalmente se promediaron las categorías propuestas. Para uso de esta investigación se calculó el InAI de 15 innovaciones agrupadas en 5 categorías (cuadro 3.1): 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; en 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; en 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; en uso de material genético y poscosecha, 14) instalación especial para empaque de producto y 15) uso de al menos 3 diferentes variedades en los últimos dos años.

Cuadro 3.1.- Categorización de innovaciones en los sistemas de producción bajo invernadero

Categoría	Descripción de innovaciones
Nutrición	Incluye aquellas prácticas que tengan que ver con el uso de análisis de suelo y agua para decidir un programa de nutrición de las plantas y podas de formación, además de la incorporación de abonos orgánicos previos a la siembra en el suelo y control biológico de plagas.
Sanidad	Son aquellas prácticas encaminadas a mejorar el control de plagas y enfermedades. Se incluyen las podas con fines sanitarios (no confundir con podas de formación), desinfección del material utilizado en las labores de trabajo, uso de equipo de protección en la aplicación de agroquímicos y desinfección de suelo.
Administración	Prácticas relacionadas con la planeación, organización, dirección, control y evaluación. Estarán encaminadas a efectuar un mejor uso de los recursos de la unidad de producción, tales como la calendarización de actividades mediante bitácoras, capacitación de los trabajadores para el mejor manejo de la plantación, capacitación del dueño de la unidad de producción en aspectos comerciales, así como contratación de asistencia técnica o consultoría privada en el manejo de la UP.
Poscosecha y uso de material genético.	En esta categoría, se refiere al uso de instalaciones exclusivas (bodega) para el empaque del producto antes de la venta. Además del uso de al menos 3 diferentes variedades de jitomate en los últimos dos años.

Fuente: Elaboración propia en base a García (2011).

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 del 0 al 100%.

Posteriormente, para analizar los actores implícitos 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 (Valente, 1995); para este análisis se preguntó a cada uno de los productores ¿de quién o quienes aprendieron el cultivo de jitomate bajo invernadero? y ¿quién o quienes les ha transferido una tecnología o innovación?, con la finalidad de obtener un vínculo dirigido (con un sondeo previo con productores y autoridades municipales de desarrollo rural en cada municipio) con alguno de los siguientes individuos clave: Un productor de la misma zona, asesor técnico, dependencia de gobierno, especialista de un centro de investigación, el mismo (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 obtenidos 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.*, 2013). La centralidad mide el grado en el cual una red está dominada por un solo nodo (Freeman, 1979; Borgatti *et al.*, 2013).

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 que permite observar el número de vínculos que recibe cada uno de los actores propuestos 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 respectivamente. Para el análisis de los datos provenientes de la información de campo se emplearon los programas Excel y SPSS.

Finalmente, se corrió 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 del 36%, este último es mayor en comparación a otros cultivos, como el reportado por productores de maíz en el Estado de México con un 13.3% (Muñoz *et al.*, 2007) y al de los horteleros del Distrito Federal (hoy Ciudad de México) con un 15% (Almaguer *et al.*, 2012) y menor a lo reportado por Zarazúa *et al.* (2011) en la producción de fresa con un porcentaje de 55.56%, según el autor, se debe a lo intensivo del cultivo de la fresa.

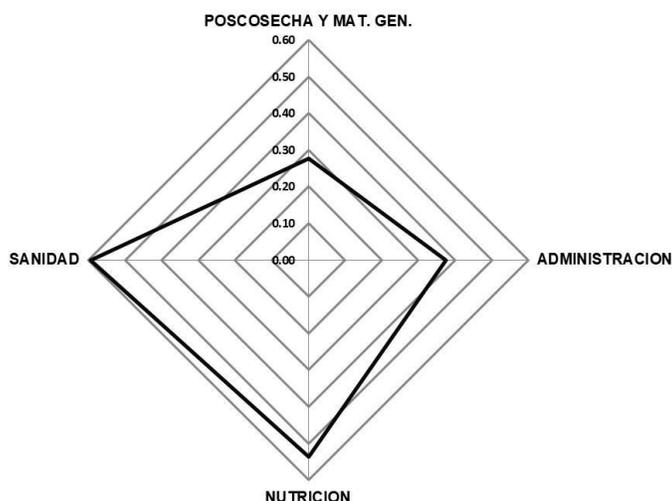


Figura 3.2.- Índice de adopción de innovaciones por categoría en las UPJ de Puebla.

Las categorías de sanidad y nutrición presentan un mayor porcentaje (57%) al reportado por García (2011) (35%) con productores de jitomate en Tlaxcala. Las innovaciones tecnológicas menos adoptadas son: control biológico de plagas (5.8%), capacitación comercial (13%), uso de al menos 3 diferentes variedades de jitomate en los últimos dos años (25%) mientras que 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%).

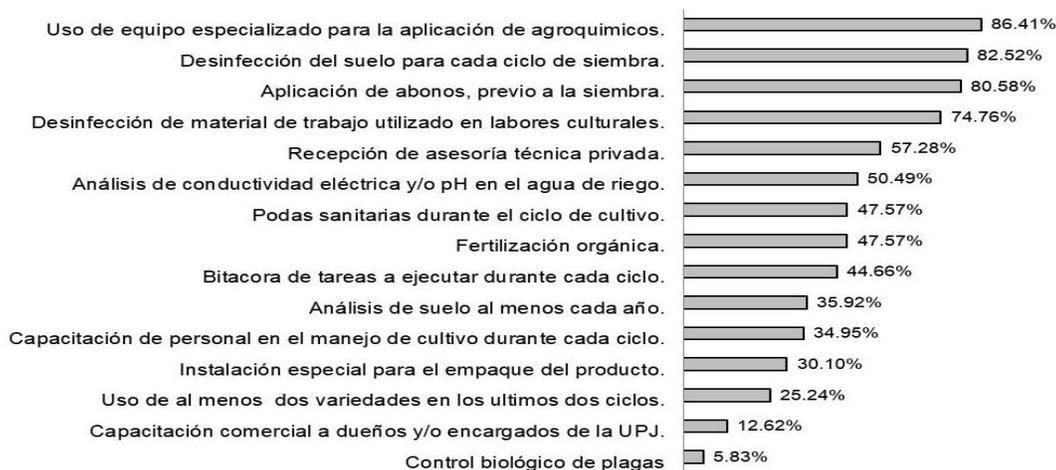


Figura 3.3.- Tasa de adopción de innovaciones de las UPJ.

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 sugiere García (2011), por lo que 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 el 100% contestó que no pertenecen a ninguna organización y las compras las realizan individualmente o el proveedor de insumos les visita hasta su UPJ, motivo por lo que no fue incluido en el InAI.

Retomando lo anterior, 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 y/o vender sus productos de maneras más adecuadas (Carabeo *et al.*, 1991), 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 ausencia organización de cualquier tipo. El InAI de las UPJ con un 36% habla de 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, 2007).

Análisis de redes sociales

Red de aprendizaje

La red presento 113 vínculos y una densidad del 1% de los vínculos posibles en toda la red, esto quiere decir que cada uno de los integrantes de la red tienen en promedio un vínculo entre sí. 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, el 43.5% de la red ha aprendido de algún otro productor, el 24.1% ha aprendido de un asesor técnico privado, el 23.1% lo ha logrado siendo 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).

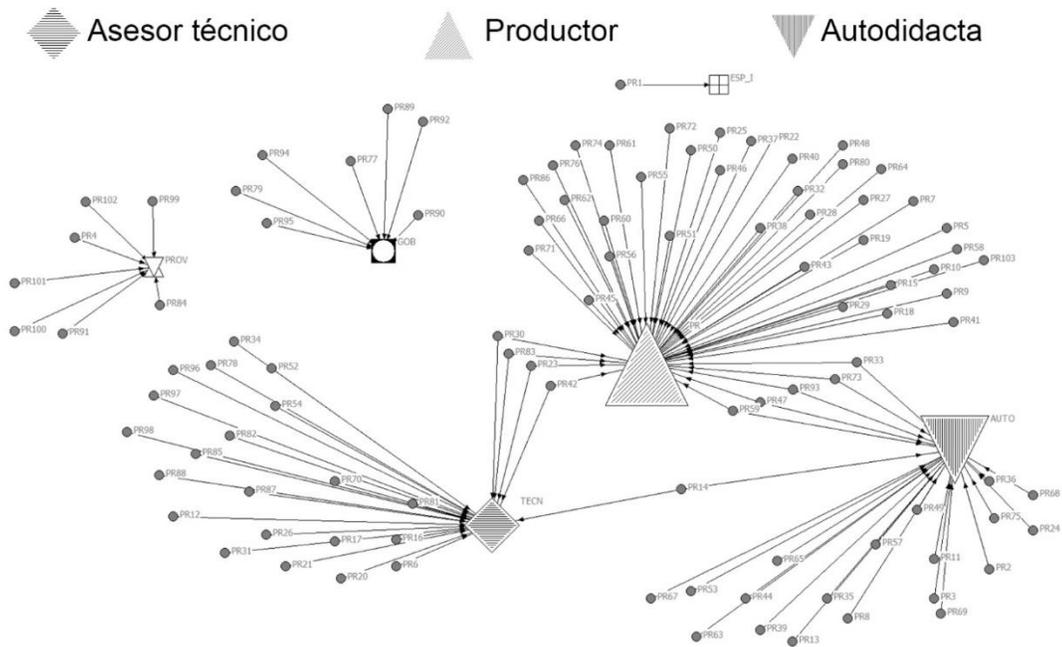


Figura 3.4.- Red de aprendizaje en el cultivo de jitomate bajo invernadero en Puebla.

Esto quiere decir que los productores aprenden de sus vecinos o familiares dedicados a este tipo de producción ya sea por comunicación directa o replicando 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 3.4), se puede observar que al menos 10 productores (PR30, PR83, PR23, PR42, PR14, PR33, PR47, PR59, PR73, PR93) han aprendido bajo sus propios medios, 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 del 0.8%, indicando que al menos cada uno de los productores tiene en promedio un vínculo entre sí. La red se encuentra centralizada en grados de entrada con un 52.9% y 0.8% de salida, mientras que la centralidad de grado de los actores clave es la siguiente: los asesores técnicos privados han transferido algún tipo de innovación al 52.7% de los vínculos, el 33.33% ha recibido alguna innovación bajo un perfil autodidacta, al 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 (1.852%) les han transferido algún tipo de innovación una entidad gubernamental y un especialista de investigación. Observando el diagrama de la red, se observa 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.

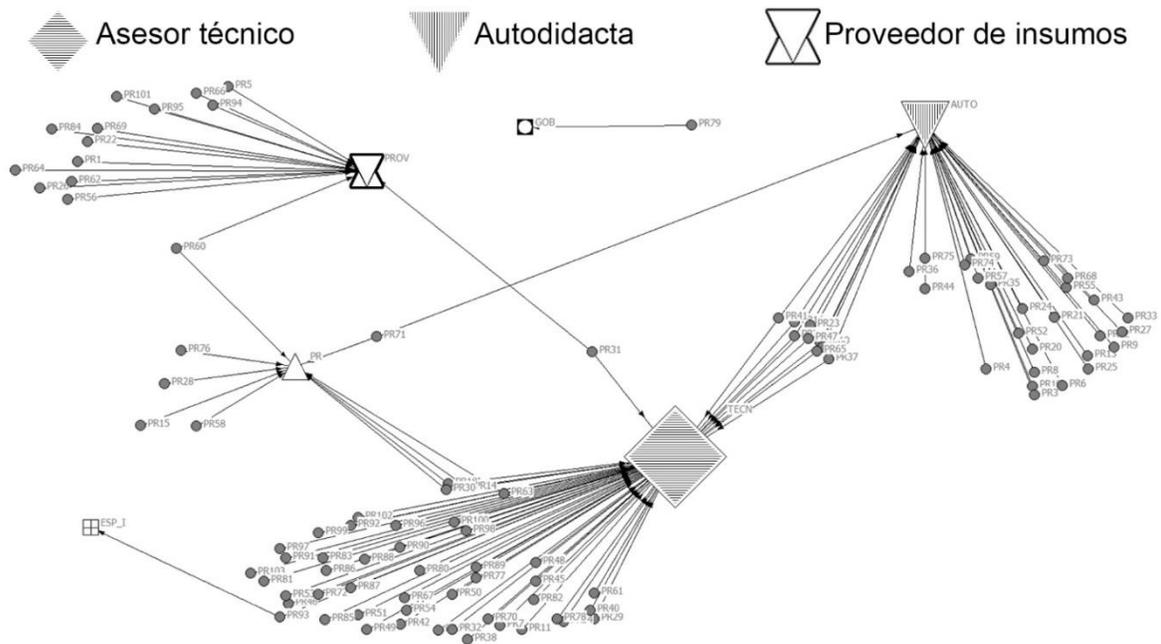


Figura 3.5.- Red de transferencia de innovaciones en las UPJ.

Relación entre el InAI y el rendimiento de las UPJ

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, indicando que la correlación es significativa ($p < 0.05$), por lo que existe una asociación positiva entre ambas variables.

Cuadro 3.2.- Valor de correlación de Pearson entre InAI y rendimiento de las UPJ.

		Rendimiento de la unidad de producción (t ha⁻¹)	InAI
Rendimiento de la unidad de producción (t ha⁻¹)	Correlación de Pearson	1	.504**
	Sig. (bilateral)	-	.000
	N	103	103

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Habiendo obtenido una correlación significativa ($p < 0.05$) entre el InAI y rendimiento de las UPJ, se realizó un análisis de regresión lineal, con lo cual se obtiene el siguiente modelo: $y = 38.955 + 316.542 x$, esto quiere decir que por cada decimo de unidad que aumente el InAI, el rendimiento se incrementa $316.542 \text{ t ha}^{-1}$; por lo tanto, se muestra que el rendimiento se incrementa en función del InAI.

Cuadro 3.3.- Valor de coeficientes.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	38.955	20.045	-	1.943	.055
InAI	316.542	53.949	.504	5.867	.000

Variable dependiente: Rendimiento de la UPJ (t ha^{-1}).

CONCLUSIONES

La importancia económica del cultivo de jitomate bajo invernadero en el estado es de importancia para el desarrollo del sector, por lo que es necesario aumentar la tasa de adopciones en los apartados concernientes a la administración y poscosecha del manejo del cultivo, debido a que se cuenta con un InAI bajo, comparándolo con cultivos intensivos como lo es la fresa bajo condiciones protegidas.

A pesar de no existir una organización de productores de jitomate, los productores bajo la observación y comunicación informal, aprenden y transfieren tecnologías referentes al cultivo, sin embargo la asesoría técnica pagada por cada productor sigue siendo el pilar fundamental en las innovaciones tecnológicas para esta hortaliza en el estado. Por lo que es necesario la creación de foros o talleres promovidos por los gobiernos estatal y/o municipal que permitan el intercambio de experiencias entre productores que permitan un aprendizaje en conjunto para poder aumentar la tasa de adopción de innovaciones y en consecuencia permita mejorar la productividad de las UPJ.

LITERATURA CITADA

- Almaguer Vargas, Gustavo, Ayala Garay, Alma Velia, Schwentesius Rindermann, Rita, & Sangerman-Jarquín, Dora Ma. (2012). Rentabilidad de hortalizas en el Distrito Federal, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 643-654. Recuperado en 13 de junio de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400002&lng=es&tlng=es
- Borgatti, S. P.; Dreyfus, D. (2003). *Keyplayer: Naval Research Software*. Lexington, KY, Harvard, Analytic Technologies. USA.
- 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., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2013). *Analyzing social networks*. London: SAGE Publications Limited
- Carabeo, F.; Gómez, M. y García, L. (1991). *La agroindustria y la organización de productores en México*, CIESTAAM-PIIAI. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 15 p.
- Feder, G., Just, R.E. y Zilberman, D., (1985), *Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A survey*. *EconDevCultChange* 33: 255–295
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks: conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [http://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](http://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- García Sánchez, E. I., Ávila, J. A., & Muñoz, R. B. et al., 2011. *La agricultura protegida en Tlaxcala. Méjico: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización* *Teuken Bidikay*, 2 (2011), pp. 193-212
- IICA (2014) . (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). *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, (2007). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. 24. Unidades de producción con invernadero, superficie ocupada por el invernadero e invernaderos que reportan venta por entidad y municipio, Puebla.

- (Consultado 10 de Abril de 2014). Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=10303&c=17177&s=est&f=1>
- INEGI, (2009). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Marco Geoestadístico 2009 versión 4.3 (Censos Económicos 2009). (Consultado 12 de Agosto de 2014). Juárez-López, P., et al. (2011) Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*. 3:8(2007 - 0713): p. 21–27.
- Koschatzky, K. (2002). Fundamentos de la economía de redes. Especial enfoque a la innovación. *Economía Industrial*, 2002, N° 346, p. 15-26
- Moreno, R., Aguilar, D. y Luévano, G. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*29; 763-774
- Muñoz R., M.; Rendón M., R.; Aguilar Á., J.; García J., G.; y Altamirano C., J.R. (2004). *Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural*. Michoacán, México. Universidad Autónoma Chapingo / Fundación Produce Michoacán, A.C.
- Muñoz, M.; Rendón, J.; Aguilar, J. R.; Altamirano, P. y Zarazúa, J. A. (2007). *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. 75-75 pp.
- Nyblom, J.; Borgatti, S.; Roslakka, J. and Salo, M. A. (2003). Statistical analysis of network data--an application to diffusion of innovation. *Social Networks*. 25:175-195
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th Edition). New York: Free Press.
- Salomón, M. & Engel, P. (1999). *Facilitando la innovación para el desarrollo. Una caja de recursos para la ERSICA*. Ed.RIMISP. Chile. 46 p.
- SARKARJ, (1998). Technological diffusion: alternative theories and historical evidence. *J EconSurv* 12: 131 –176.
- SIAP, 2013. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP 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.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>
- SIAP, (2015). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 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 (2011). Sistema Nacional de Informacion de Agricultura Protegida. (Consultado 26 de Septiembre de 2015). Disponible en:
<http://www.agriculturaprotegida.siap.gob.mx:8080/inver/map.phtml>
- Valente, T. W., (1995), Network models of the difussion of innovations. Hampton Press, Inc, Cresskill, New Jersey. p. 2.171.
- Valente, T. W. (1996). Social network thresholds in the diffusion of innovations. *Social Networks*. 18:69-89.
- WARMAN, A. (2001). El campo mexicano en el siglo XXI. 1ª ed. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Wasserman, Stanley y Katherine Faust, *Social Network Analysis. Methods and Applications*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- Zarazúa, J. A.; Almaguer, G. y Márquez, S. R. (2011). Redes de innovación en el sistema productivo fresa en Zamora, Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17 (1):51-60.

CAPITULO IV. RENTABILIDAD FINANCIERA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicum esculentum Mill.*) BAJO INVERNADERO EN PUEBLA.

Misael Mundo-Coxca¹; José Luis Jaramillo-Villanueva^{2*}; Juan Morales-Jiménez³; Antonio Macías-López⁴; Juventino Ocampo-Mendoza⁵; Adrián Gómez-González⁶.

¹²³⁴⁵Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760. Puebla, México.

⁶Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, C. P. 78600. San Luis Potosí. México.

Correos electrónicos: mmcoxca@gmail.com¹, jaramillo@colpos.mx², morales@colpos.mx³, mantonio@colpos.mx⁴, jocampo@colpos.mx⁵, agomez@colpos.mx⁶.

*Autor correspondencia: jaramillo@colpos.mx

RESUMEN

En el presente objetivo se analizó la rentabilidad de 103 unidades productoras de jitomate (UPJ) bajo invernadero en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec pertenecientes al estado de Puebla. Se utilizó el indicador financiero de la relación beneficio costo (B/C) para obtener la rentabilidad financiera y económica referente a los costos fijos, variables, costos totales y valores de ingreso por venta de jitomate durante 2017. Se consideraron los costos de inversión en la construcción de invernadero con y sin apoyos gubernamentales, además se tomaron en cuenta los costos de oportunidad que representaron las variables de mano de obra, pago de agua y energía eléctrica. Se agruparon los valores de B/C en rentabilidad financiera y rentabilidad económica conforme al nivel tecnológico de las UPJ (bajo, medio y alto) obtenido en el segundo capítulo de este trabajo de tesis. Los resultados de B/C en la rentabilidad financiera fueron de 1.14 en UPJ con nivel tecnológico bajo, 1.30 para nivel medio y 2.31 para nivel alto, mientras que en la rentabilidad económica se obtuvo 1.04 para las UPJ con nivel tecnológico bajo, 1.18 para las de nivel medio y 2.16 en las de nivel alto. Estos indicadores permiten concluir que las UPJ son rentables y que el valor de B/C se encuentra relacionado con el nivel tecnológico. Por lo que es importante que

Artículo pendiente de envío.

dependencias gubernamentales en el sector brinden apoyo en el acceso de asesoría y/o vinculación con centros de investigación que permitan la transferencia de conocimientos y tecnología en el manejo del cultivo a dueños y mano de obra en las UPJ.

Palabras clave: agricultura protegida, horticultura, tecnología,

ABSTRACT

In this study, the profitability of 103 greenhouses tomato production units (TPU) in the municipalities of Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco and Tochtepec belonging to the state of Puebla was analyzed. The financial indicator of the cost benefit ratio (B / C) was used to obtain the financial and economic profitability referring to the fixed costs, variables, total costs and income values for tomato sales during 2017. Investment costs were considered in the greenhouse construction with and without government support, in addition, the opportunity costs represented by the variables of labor, payment of water and electricity were taken into account. The values of B / C were grouped into financial profitability and economic profitability according to the technological level of TPU (low, medium and high) obtained in the second chapter of this thesis. The results of B / C in the financial profitability were 1.14 in the UPJ with low technological level, 1.30 for the medium level and 2.31 for the high level, while in the economic profitability it was obtained 1.04 for the PJU with low technological level, 1.18 for the of medium level and 2.16 in those of high level. These indicators allow us to conclude that the PJU are profitable and that the B / C value is related to the technological level. So it is important that government agencies in the sector provide support in the access of advice and / or links with research centers that allow the transfer of knowledge and technology in crop management to owners and labor in the PJU.

Keywords: protected agriculture, horticulture, technology.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es una de las especies hortícolas de mayor importancia para el consumo humano, generando cuantiosos ingresos y empleos (Velasco *et*

al., 2011). En México es la segunda hortaliza más cultivada, en el 2009 su valor de producción supero los 860 millones de dólares, lo que representó el 28% del valor de la producción de las hortalizas en ese año (FIRA, 2011).

El cultivo de tomate es un rubro relevante en la economía de México, sin embargo existen factores ambientales que aminoran su rendimiento, por lo que la agricultura protegida mediante una serie de tecnologías como lo son los invernaderos, controlan los principales factores ambientales permitiendo aumentar los rendimientos (Velasco *et al.*, 2011). La superficie de producción de jitomate bajo invernadero en el país, ocupa 4,392.11 has con un rendimiento promedio de 171.82 t ha⁻¹. Los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Guanajuato y México concentran el 75% de la superficie sembrada bajo invernadero a nivel nacional (SIAP, 2014).

En Puebla, la tendencia en la instalación de invernaderos para la producción de jitomate ha ido a la alza, en 2006 el estado contaba con 2 hectáreas, mientras que en el 2014 se registraron 360 hectáreas con un rendimiento promedio de 169.50 t ha⁻¹, generando una derrama económica de 443 millones de pesos. Los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tochtepec y Tecamachalco concentran al 44% de la producción. (SIAP, 2014). Aquixtla y Tetela reportaron 108.8 hectáreas sembradas con un rendimiento promedio de 195.44 t ha⁻¹ con un valor de producción de 143 millones de pesos, mientras que Tetela de Ocampo y Tochtepec contaban con 72 hectáreas sembradas y un rendimiento promedio de 191.3 t ha⁻¹, generando una derrama económica de 56 millones de pesos.

El objetivo de este trabajo fue el determinar los costos e ingresos de la producción de jitomate bajo invernadero en los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec pertenecientes al estado de Puebla en el año 2017, con el fin de obtener la rentabilidad financiera de las unidades de producción conforme su nivel tecnológico mediante la relación beneficio costo (B/C) de cada una de las unidades de producción. Este indicador servirá como herramienta para los tomadores de decisiones en el plano que ocupa a los productores en agricultura protegida.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población objetivo del estudio fueron los productores de los municipios de Aquixtla, Tetela de Ocampo, Tecamachalco y Tochtepec que representan el 43.5% de la superficie de invernaderos dedicados al cultivo de jitomate en el estado de Puebla (SIAP, 2014).

Se utilizó un muestreo simple aleatorio, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}$$

Donde

- N = Tamaño de la población
- d = Precisión
- $Z_{\alpha/2}$ = Confiabilidad. Valor de Z (distribución normal estándar)
- S_n^2 = Varianza

La población estuvo integrada por 338 productores distribuidos en cuatro municipios. 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 en el estado y una confiabilidad del cinco por ciento.

Localización de la zona de estudio

Aquixtla y Tetela de Ocampo se ubican entre los 1200 a los 3200 msnm con temperaturas que van de los 12 a los 20°C, su precipitación de 600 a 1600 mm, contando con un clima templado subhúmedo. Aquixtla tiene 23 localidades y una población de 7,386 habitantes. Tetela de Ocampo cuenta con 83 localidades y una población de 24,459 habitantes. (INEGI, 2009).

Tecamachalco y Tochtepec cuentan con una temperatura que oscila entre 14 a 18°C, su precipitación va de los 500 a los 700 mm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (100%). Tecamachalco cuenta con 87 localidades y una población de 64 380 habitantes. Tochtepec cuenta con 64 localidades y una población de 18 205 habitantes (INEGI, 2009).

Se recabó información económica tomando en cuenta la inversión realizada en el invernadero, los costos de producción y los ingresos por venta de jitomate. Promediando finalmente los datos de superficie, toneladas obtenidas, rendimiento, inversión inicial, precios por la calidad

del producto (primera, segunda y tercera) e ingresos conforme a los tres diferentes niveles tecnológicos establecidos en el segundo capítulo de este trabajo de tesis.

Para el análisis de la rentabilidad se consideraron los costos fijos y costos variables en cada unidad de producción de jitomate (UPJ), donde los primeros son aquellos en los que incurre la empresa y que en el corto plazo, o para ciertos niveles de producción, no dependen del volumen de producción, mientras que los costos variables, son aquellos en los que incurre la empresa y guardan dependencia importante de los volúmenes de fabricación o de producción (Baca, 2010).

Cuadro 4.1.- Inversión y costos fijos del cultivo de jitomate bajo invernadero, Puebla, 2017.

Concepto	Indicadores
Costos fijos	Valor de la renta de la tierra, Mantenimiento de la construcción, mantenimiento al equipo utilizado en la unidad, Agua, Luz, Costo de equipos adicionales al sistema de riego, taras de plástico utilizadas para la cosecha.
Costos variables	Preparación del suelo y siembra, Costo de análisis de pH y CE en agua a utilizar, Charolas semilleras, planta, material de entutorado, control de plagas y enfermedades, equipo de protección, fertilizantes y mano de obra.
Inversión	Costo de la instalación del invernadero con o sin apoyo de recursos gubernamentales.

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró a la mano de obra, el pago por uso de agua y luz como costos de oportunidad, dado que en el primer indicador se consideró el hecho de que algunos productores integran a su familia dentro de las actividades de manejo de cultivo, mientras que el pago del agua es condonado en caso de que se realicen actividades de limpieza (faenas) en recolección de basura o deshierbe de canales de riego, caminos y/o carretera en sus respectivas localidades, finalmente en el pago de la luz, existe un subsidio llamado “Programa especial de energía para el campo en materia de energía eléctrica de uso agrícola” ofrecido por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) el cual consta en la reducción de un 90% en el pago de uso de energía eléctrica a personas físicas y morales que realicen actividades agrícolas, en el caso particular de bombeo y rebombeo de agua para uso de riego agrícola.

Por lo que se obtendrá la rentabilidad financiera considerando los precios de mercado de los insumos y la rentabilidad económica tomando en cuenta los costos de oportunidad antes mencionados, la relación Beneficio Costo (B/C) estará agrupada mediante el nivel tecnológico de cada UPJ con el uso del software Excel.

Métodos de estimación

Los indicadores para la evaluación económica de proyectos son conceptos valorizados que expresan el rendimiento económico de la inversión en una empresa, y en base a estos se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de un proyecto evaluando su rentabilidad (Muñante, 2002). También permiten comparar y seleccionar entre diferentes alternativas de inversión. Los indicadores más usados son aquellos que consideran el valor del dinero en el tiempo, como lo es la relación beneficio-costos (B/C).

Relación beneficio costo

Es el cociente que resulta de dividir el valor actualizado de la corriente de beneficios entre el valor actualizado de la corriente de los costos, a una tasa de actualización previamente determinada.

La relación beneficio costo , expresa beneficios obtenidos por una unidad monetaria total invertida durante la vida útil del proyecto; si el valor es menor a uno, indica que la corriente de costos actualizados es mayor que la corriente de beneficios, por tanto, la diferencia (B/C)-1, cuyo valor será negativo indicara perdidas por unidad monetaria invertida y viceversa, cuando la B/C es mayor que uno, indicara la diferencia (B/C)-1; cuyo valor positivo indicara la utilidad por unidad monetaria invertida (Baca, 2010; Muñante, 2002). La fórmula para obtener esta relación es la siguiente:

$$B / C = \sum_{t=1}^T B_t(1+r)^{-t} / \sum_{t=1}^T C_t(1+r)^{-t}$$

Dónde:

- B_t = beneficios en cada periodo del proyecto
- C_t = costos en cada periodo del proyecto
- r = tasa de actualización
- t = tiempo en años

- $(1+r)^t$ = factor de actualización

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inversión inicial por parte de los productores es diferente, debido a que un bajo porcentaje (30%) se vieron beneficiados en la construcción de los invernaderos con apoyos por parte del gobierno federal y/o estatal, logrando aminorar sus costos, un 27% obtuvieron un crédito de instituciones bancarias o gubernamentales, y un 43% han construido los invernaderos con sus propios recursos.

De la cosecha obtenida, concentra en su mayoría jitomate de primera calidad, mientras que la segunda y tercera representan un tercio del cultivo recolectado; no se observan diferencias significativas de la calidad de jitomate conforme al nivel tecnológico en las UPJ.

Cuadro 4.2.- Cantidad y calidad promedio de jitomate cosechada conforme al nivel tecnológico, Puebla 2017.

Nivel tecnológico	Toneladas promedio	Primera	Segunda	Tercera
Bajo	26.7	69%	20%	11%
Medio	46.8	73%	17%	10%
Alto	67.4	70%	18%	11%

Las ventas del cultivo mantienen una fluctuación de precios que van desde los \$19.94 kg hasta los \$4.81kg (Cuadro 4.3), lo anterior depende según la calidad (primera, segunda y tercera) del producto (cuadro 2), por lo que el precio promedio del cultivo se ubicó en \$11.54.

Cuadro 4.3.- Precios y calidad de jitomate conforme al nivel tecnológico en las unidades.

Nivel tecnológico	Primera		Segunda		Tercera	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Bajo	\$16.88	\$7.62	\$13.78	\$6.58	\$11.90	\$4.81
Medio	\$17.17	\$7.74	\$15.63	\$7.16	\$12.68	\$4.71
Alto	\$19.94	\$10.83	\$16.67	\$10.61	\$15.22	\$8.67

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas aplicadas en julio de 2017.

Relación beneficio costo (B/C)

Se dividieron el total de los ingresos entre el total de egresos para los promedios de cada unidad de producción y se promediaron conforme a su nivel tecnológico, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.4.- Costos e ingresos de las unidades de producción por nivel tecnológico.

Nivel tecnológico	Inversión en 100m²	Costos totales	Ingresos
Bajo	\$112,374.02	\$238,037	\$555,664
Medio	\$168,336.73	\$338,035	\$797,334
Alto	\$175,115.74	\$367,492	\$1,462,592

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas aplicadas en julio de 2017.

Conforme al indicador de B/C mediante los datos reportados para 2017, por cada peso invertido se obtuvo una utilidad de .16 pesos de beneficio para productores con bajo nivel tecnológico, mientras los de nivel medio obtuvieron una utilidad de .20 pesos de beneficio y los que cuentan con un nivel alto de tecnología presentan el beneficio más alto con 1.35. Por lo que se observa las unidades de producción aumentan la rentabilidad conforme su nivel tecnológico.

Cuadro 4.5.- Rentabilidad financiera y económica de las UPJ en Puebla.

Nivel tecnológico	B/C Financiera	B/C Económica
Bajo	1.14	1.04
Medio	1.30	1.18
Alto	2.31	2.16

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas aplicadas en julio de 2017.

Este resultado en comparación al obtenido por Rucoba *et al.* (2006) en el análisis a un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región centro-sur de Chihuahua obtuvo un B/C de 1.89, el cual es mayor en comparación con el B/C de las UPJ en Puebla con niveles bajos y medios, mientras que es menor para aquellas con nivel tecnológico alto.

Mientras que Terrones *et al.* (2011) en Acaxochitlán Hidalgo evaluó la rentabilidad económica de cuatro proyectos de jitomate bajo invernadero con relaciones B/C DE 2.30, 2.65, 3.09 y 1.57, observando que al menos tres de estos valores superan en beneficio a las unidades de producción evaluadas en esta investigación.

CONCLUSIONES

La producción de jitomate bajo invernadero en Puebla, es una actividad rentable puesto que se obtuvo una relación B/C mayor a 1, cumpliendo con el criterio de selección y evaluación, indicando que este tipo de producción es rentable en los tres diferentes niveles tecnológicos de las unidades de producción con y sin costos de oportunidad.

Con la finalidad de aumentar el rendimiento en el cultivo, será necesario que los productores inviertan en el equipamiento utilizado para las labores de manejo del cultivo, además de contar con asesoría especializada para capacitar a su mano de obra con la finalidad de incrementar el nivel tecnológico de las UPJ y que los productores puedan acceder a un mayor ingreso, se logre generar empleo a la población local, disminución de migración y un desarrollo económico en la región.

Por lo que es de suma importancia la participación de las dependencias municipales, estatales y nacionales en el apoyo al acceso de asesoría y/o vinculación con centros de investigación que les transfieran conocimientos y tecnología en el manejo del cultivo, con la finalidad de capacitar a dueños y mano de obra en las UPJ.

LITERATURA CITADA

- Baca Urbina, G. (2010). Evaluación de Proyectos. Sexta edición (p. 318). México: Mc Graw Hill.
- FIRA - Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2011. Oportunidades de Inversión en la Producción de Tomate Rojo en México. FIRA Boletín Informativo. Nueva época, número 13, Año 2011, México. [Consultado 20 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.fira.gob.mx>
- INEGI, 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal .Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tecamachalco, Puebla. Clave geoestadística 21154. 9 pp.; Tetela de Ocampo, Puebla Clave geoestadística 21172. 9 pp. ; Tochtepec, Puebla. Clave geoestadística 21189. 9 pp.; Aquixtla, Puebla. Clave geoestadística 21016. 9 pp.

- Muñante, D. 2002. Manual de formulación y evaluación de proyectos. UACH. Texcoco, México.
- Rucoba García, A., & Anchondo Nájera, Á., & Luján Álvarez, C., & Olivas García, J. (2006). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región Centro-Sur de Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, X (19), 0.
- SIAP, 2014. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cultivo de Tomate rojo (jitomate) bajo invernadero, en la producción agrícola para el año 2014 en la modalidad de riego y temporal. [Consultado 10 de Enero de 2017]. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- Terrones Cordero, A., & Sánchez Torres, Y. (2011). Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29, 752-761.
- Velasco-Hernández, E., Nieto-Ángel, R., Navarro-López, E.R., 2011. Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero. Universidad Autónoma de Chapingo. 126 pp.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

CONCLUSIONES

Los distintos municipios productores, presentan diferencias considerables en la disponibilidad de uso de suelo en el plano agrícola, debido a la topografía del terreno, este factor podría ser limitante en la instalación de invernaderos, sobre todo en la Zona Norte del Estado. Los invernaderos son una alternativa de producción, sin embargo el uso y desecho de plásticos así como la aplicación intensiva de agroquímicos debe ser atendida, considerando los efectos colaterales al medio ambiente y la salud humana.

De las UPJ de jitomate bajo invernadero en Puebla, la mayoría cuentan con 7 años promedio de haber sido establecidas, lo cual muestra una actividad productiva permanente, además que el acceso a apoyos para el establecimiento de los invernaderos no son un factor que determine su presencia, debido a que 44% instaló su UPJ con recursos propios, sin embargo siguen siendo esenciales estos apoyos en lo referente al asesoramiento y capacitación de al menos 30% de los productores.

La productividad de las UPJ, radica en la experiencia del manejo del cultivo y la forma en que se realizan las actividades y/o componentes tecnológicos aplicados al jitomate, así como el equipamiento en cada una de ellas; ambos son factores determinantes en la mejora del rendimiento, por lo que es necesario fortalecer el vínculo de los centros de investigación y gobierno en sus distintos niveles en el contexto de asesoramiento y capacitación apropiadas a cada productor. Las variables más importantes que explican el nivel tecnológico, y también las que están directamente relacionadas con un IT alto son el nivel de escolaridad, la experiencia en la producción bajo invernadero, un nivel de rendimiento alto y la superficie cultivada bajo esta modalidad. Por lo que estos resultados se pueden usar para generar estrategias tendientes a mejorar la adopción de tecnología, que permitan mantener rendimientos altos.

La importancia económica del cultivo de jitomate bajo invernadero en el estado es de importancia para el desarrollo del sector, por lo que es necesario aumentar la tasa de

adopciones en los apartados concernientes a la administración y poscosecha del manejo del cultivo, debido a que se cuenta con un InAI bajo, comparándolo con cultivos intensivos como lo es la fresa bajo condiciones protegidas.

A pesar de no existir una organización de productores de jitomate, los productores bajo la observación y comunicación informal, aprenden y transfieren tecnologías referentes al cultivo, sin embargo la asesoría técnica pagada por cada productor sigue siendo el pilar fundamental en las innovaciones tecnológicas para esta hortaliza en el estado.

La producción de jitomate bajo invernadero en Puebla, es una actividad rentable puesto que se obtuvo una relación B/C mayor a 1, cumpliendo con el criterio de selección y evaluación, indicando que este tipo de producción es rentable en los tres diferentes niveles tecnológicos de las unidades de producción con y sin costos de oportunidad.

Se concluye que la instalación de los invernaderos productores de jitomate en Puebla se encuentra en constante crecimiento, se puede considerar a esta forma de producir como una actividad rentable, por lo tanto se infiere que la expansión de este tipo de instalaciones se debe a la competitividad del cultivo mediante el uso de innovaciones tecnológicas aplicadas en la producción de jitomate bajo cubierta.

RECOMENDACIONES

Es necesaria la creación de foros o talleres promovidos por los gobiernos estatal y/o municipal que permitan el intercambio de experiencias entre productores que permitan un aprendizaje en conjunto para poder aumentar la tasa de adopción de innovaciones y en consecuencia permita mejorar la productividad de las UPJ.

Con la finalidad de aumentar el rendimiento en el cultivo, será necesario que los productores inviertan en el equipamiento utilizado para las labores de manejo del cultivo, además de contar con asesoría especializada para capacitar a su mano de obra con la finalidad de incrementar el nivel tecnológico de las UPJ y que los productores puedan acceder a un mayor ingreso, se logre generar empleo a la población local, disminución de migración y un desarrollo

económico en la región. Por lo que es de suma importancia la participación de las dependencias municipales, estatales y nacionales en el apoyo al acceso de asesoría y/o vinculación con centros de investigación que les transfieran conocimientos y tecnología en el manejo del cultivo, con la finalidad de capacitar a dueños y mano de obra en las UPJ.

LITERATURA GENERAL

- Almaguer Vargas, Gustavo, Ayala Garay, Alma Velia, Schwentesius Rindermann, Rita, & Sangerman-Jarquín, Dora Ma.. (2012). Rentabilidad de hortalizas en el Distrito Federal, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 643-654. Recuperado en 13 de junio de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400002&lng=es&tlng=es
- Bastida-Tapia A, J.A. Ramírez-Arias. (2011). *Los Invernaderos y la Agricultura Protegida en México*. Serie de Publicaciones Agribot. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 415 P.
- 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., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2013). *Analyzing social networks*. London: SAGE Publications Limited
- Borgatti, S. P.; Dreyfus, D. (2003). *Keyplayer: Naval Research Software*. Lexington, KY, Harvard, Analytic Technologies. USA.
- Cáceres, Daniel, Felicitas Silvetti, Gustavo Soto, y Walter Rebolledo. 1997. La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. *Agro Sur*, 25 (2) ISSN 0304-8802. pp: 123-135.
- Callon, M., Laredo, P., Rabeharisoa, V., Gonard, T., Leray T. 1992. The Management and Evaluation of Technological Programs and the Dynamics of Techno Economic Networks – The Case of the AFME. *Research Policy* 21: 215–236.
- Carabeo, F.; Gómez, M. y García, L. (1991). *La agroindustria y la organización de productores en México*, CIESTAAM-PIIAI. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 15 p.
- Carrillo, J., & Jiménez, F., & Ruiz, J., & Díaz, G., & Sánchez, P., & Perales, C., & Arellanes, A. (2003). Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 14 (1), 85-88.
- Del Águila, A. y Padilla, A. (2010). “Factores determinantes de la innovación en empresas de economía social. La importancia de la formación y de la actitud estratégica”. CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 67(2),129-155.

- 12/01/2015. Recuperado de: http://www.ciriec-revistaeconomia.es/banco/6706_Aguila_y_Padilla.pdf
- Escorsa, P. y VALLS, J. (2003): Tecnología e Innovación en la Empresa, Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Feder, G., Just, R.E. y Zilberman, D., (1985), Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A survey. *EconDevCultChange* 33: 255–295
- FIRA, 2009. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Agricultura Protegida para Pequeños y Medianos Productores en Michoacán. Boletín informativo, Nueva Época, Numero 5, 45 p., Año 2009. (Consultado 18 de septiembre de 2017). Disponible en: <http://fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=3675>
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks: conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [http://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](http://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- García, M. M., S. Balasch, F. Alcon, M. A. Fernandez, Z. (2010). Characterization of technological levels in Mediterranean horticultural greenhouses. En: *Spanish Journal Agricultural Research*. Vol. 8(3)
- Greene, W. H. (2008). *Econometric analysis*. 6th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Guantes-Ruiz, J. (2006). El mercado de los invernaderos en México Instituto Español de Comercio Exterior. Oficina Económica y Comercial, Embajada de España en México, México. 54 p
- IICA (2014) . (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) . 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, (2009). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Marco Geoestadístico 2009 versión 4.3 (Censos Económicos 2009). (Consultado 12 de Agosto de 2014). http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx
- INEGI, 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. 24. Unidades de producción con invernadero, superficie ocupada por el invernadero e invernaderos que reportan venta por entidad y municipio, Puebla.

(Consultado 10 de Abril de 2014). Disponible en:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/LeerArchivo.aspx?ct=10303&c=17177&s=est&f=1>

- INEGI, 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal .Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tecamachalco, Puebla. Clave geoestadística 21154. 9 pp.; Tetela de Ocampo, Puebla Clave geoestadística 21172. 9 pp. ; Tochtepec, Puebla. Clave geoestadística 21189. 9 pp.; Aquixtla, Puebla. Clave geoestadística 21016. 9 pp.
- Jasso Villazul, J. (2004) El valor de la tecnología en el siglo XXI. México D.F.: Fondo Editorial FCA.
- Juárez-López, P., et al. (2011) Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente. 3:8(2007 - 0713): p. 21–27.
- García Sánchez, E. I., Ávila, J. A., & Muñoz, R. B .et al., 2011. La agricultura protegida en Tlaxcala. Méjico: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización Teuken Bidikay, 2 (2011), pp. 193-212
- Koschatzky, K. (2002). Fundamentos de la economía de redes. Especial enfoque a la innovación. Economía Industrial, 2002, N° 346, p. 15-26
- Lawson, B.; Samson, D. (2001), Developing Innovation Capability in organizations: A dynamic capabilities approach. International Journal of Innovation Management, 5(3): 377-400.
- Levitan, S. A., & Werneke, D. (1984). Productivity--problems, prospects, and policies (No. 40). Johns Hopkins University Press
- Long, J.S. (1997). Regression models for categorical and limited dependent variables. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Malaver, Florentino y Vargas, Marisela (2006). “Capacidades tecnológicas, innovación y competitividad de la industria de Bogotá y Cundinamar ca: resultados de una encuesta de innovación”. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Colombia
- Martínez-Gutiérrez, Gabino Alberto, Díaz-Pichardo, René, Juárez-Luis, Griselda, Ortiz-Hernández, Yolanda D., & López-Cruz, Juana Y.. (2014). Caracterización de las unidades de producción de tomate en invernaderos de Oaxaca. Agricultura, sociedad y desarrollo, 11(2), 153-165. Recuperado en 09 de enero de 2018, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000200002&lng=es&tlng=pt.

- Martínez-Solís, J., & Peña-Lomelí, A., & Rodríguez-Pérez, J., & Villanueva-Verduzco, C., & Sahagún-Castellanos, J., & Peña-Ortega, M. (2005). Comportamiento productivo en híbridos de jitomate y sus respectivas poblaciones F2. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 11 (2), 299-307.
- MEMORIA Sexenal, Gobierno del Estado de Puebla, (2014). *Tranparencia Fiscal de Puebla. Memoria Sexenal, 2011-2017. Desarrollo Rural*, 33pp. (Consultado 20 de Abril de 2014). Disponible en:http://www.transparencia.puebla.gob.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=4039&limit=9&limitstart=0&order=date&dir=DESC&Itemid=4366
- Molina Manchón, H.; Conca Flor, F. J. (2000): *Innovación Tecnológica y competitividad empresarial*, Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Moreno, R., Aguilar, D. y Luévano, G. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*29; 763-774
- Morote, J. P., Serrano, G. L., & Nuchera, A. H. (2014). *La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones*. Ediciones Pirámide.
- Muñoz R., M.; Rendón M., R.; Aguilar Á., J.; García J., G.; y Altamirano C., J.R. (2004). *Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural*. Michoacán, México. Universidad Autónoma Chapingo / Fundación Produce Michoacán, A.C.
- Muñoz, M.; Rendón, J.; Aguilar, J. R.; Altamirano, P. y Zarazúa, J. A. (2007). *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. 75-75 pp.
- Nyblom, J.; Borgatti, S.; Roslakka, J. and Salo, M. A. (2003). Statistical analysis of network data--an application to diffusion of innovation. *Social Networks*. 25:175-195
- Ortega, M. L. D.; Ocampo, M. J.; Sandoval, C. E. y Martínez. V. C. 2014. Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México. *Rev. Bio Cienc.* 2(4):261-270.
- Ortiz, N., López, A. A., Alejandro, G. L., & Felipe, E. P. (2005). La tecnología en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero y su efecto

- socio-económico en las regiones cafetaleras de Huatusco y Córdoba, Veracruz (No. Tesis). Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Programa en Agroecosistemas Trópicales..
- Padilla L E., Rumayor A., Pérez O. y Reyes E., 2010. Competitiveness of Zacatecas (Mexico) Protected Agriculture: The Fresh Tomato Industry. *International Food and Agribusiness Management Review* Volume 13. Pp: 45:64.
- R. A. E. (2001). *Diccionario de la lengua española*. Vigésima segunda Edición. Disponible en línea en <http://www.rae.es/rae.html>.
- RedwinE, S.T., Riddle, W.E., (1985), *Software Technology Maturation*. In: *Proceedings of 8th International Conference on Software Engineering (ICSE 1985)*, pp. 189–200. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos.
- REYES, V. C., García, A. E., Rodríguez, A. B., & Montes, M. S. (2014). Redes sociales y actores relevantes para la difusión de innovaciones y conocimiento en los territorios rurales. *Spanish journal of rural development*, 5(4), 1-14.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th Edition). New York: Free Press.
- SAGARPA, 2012. *Agricultura protegida 2012*. (Consultado 30 de Septiembre de 2015) <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx>
- Salomón, M. & Engel, P. (1999). *Facilitando la innovación para el desarrollo. Una caja de recursos para la ERSICA*. Ed.RIMISP. Chile. 46 p.
- SÁNCHEZ, E. F., & Ordás, C. J. V. (1996). El proceso de innovación tecnológica en la empresa. *Investigaciones europeas de dirección y economía de la empresa*, 2(1), 29-46.
- Sandoval, V. M. 2008. Cultivo de jitomate en invernadero en México con énfasis en nutrición", *Jitomate en Tecnología para su producción en invernadero*, Colegio de Postgraduados, vol. 1, 2008. Texcoco, México. Pág. 11-33.
- Sarkarj, (1998). Technological diffusion: alternative theories and historical evidence. *J EconSurv* 12: 131 –176.
- SIAP, (2015). *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 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

- SIAP, 2013. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP 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.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>
- SIAP, 2014. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cultivos de agricultura protegida 2014. Información estadística sobre cultivos, tipo de instalación, superficie cosechada y número de instalaciones. SIAP. (Consultado 20 de Noviembre de 2015). Disponible en: <http://catalogo.datos.gob.mx/dataset/superficie-cubierta-y-numero-de-instalaciones-de-agricultura-protegida-siap>
- SIAP, 2016. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por cultivo, 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, superficie sembrada y cosechada, toneladas cosechadas. (Consultado 15 de Febrero de 2018). Disponible en: <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAPRO (2011). Sistema Nacional de Información de Agricultura Protegida. (Consultado 26 de Septiembre de 2015). Disponible en: <http://www.agriculturaprotegida.siap.gob.mx:8080/inver/map.phtml>
- Sobrino, J. (2002). "Competitividad y ventajas competitivas: revisión teórica y ejercicio de aplicación a 30 ciudades de México", en: Estudios Demográficos y Urbanos. Núm. 50, mayo-agosto 2002, pp. 311-361
- Torkzadeh, G. y LEE, J. (2002), «Measures of perceived end-user computing skills». Information and Management, vol. 40, n° 7, págs. 607-615.
- Ucan Chan, I., & Sánchez Del Castillo, F., & Contreras Magaña, E., & Corona Sáez, T. (2005). Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. Revista Fitotecnia Mexicana, 28 (1), 33-38.
- Valente, T. W. (1996). Social network thresholds in the diffusion of innovations. Social Networks. 18:69-89.
- Valente, T. W., (1995), Network models of the diffusion of innovations. Hampton Press, Inc, Cresskill, New Jersey. p. 2.171.
- Valerio, D., A. Garcia, R. Acero, A. Castaldo, J.M. Perea Y J. Martos. 2004. Metodología para la caracterización y tipificación de Sistemas Ganaderos. Dpto. de producción animal Universidad de Córdoba. Producción animal y gestión. issn: 1698-4226. DT1, Vol. 1. 9p.

- Vargas Canales, Juan Manuel, Palacios Rangel, María Isabel, Camacho Vera, Joaquín Huitzilihuitl, Aguilar Ávila, Jorge, & Ocampo Ledesma, Jorge Gustavo. (2015). Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(4), 827-840. Recuperado en 12 de diciembre de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000400013&lng=es&tlng=es.
- Warman, A. (2001). *El campo mexicano en el siglo XXI*. 1ª ed. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Wasserman, Stanley y Katherine Faust, *Social Network Analysis. Methods and Applications*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- Zarazúa, J. A.; Almaguer, G. y Márquez, S. R. (2011). Redes de innovación en el sistema productivo fresa en Zamora, Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17 (1):51-60.