



LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN TLAXCALA, MÉJICO: La Adopción de Innovaciones y el Nivel de Equipamiento como Factores para su Categorización

Edgar Iván García Sánchez*

Jorge Aguilar Ávila**

Roberto Bernal Muñoz***

MÉJICO

Resumen

El objetivo del trabajo fue analizar la adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento de los invernaderos en Tlaxcala- México, para con base en estos factores proponer una categorización. Se aplicó una encuesta para recabar datos productivos, adopción de innovaciones y relaciones técnicas de 120 productores. Los resultados muestran un promedio de 12.81 Kg.m⁻² de jitomate y un índice de adopción de innovaciones tecnológico de 0.33. El 9% de los invernaderos tienen un rendimiento e InAI tecnológico superior al promedio y un nivel de equipamiento alto, condiciones favorables para su competitividad. Al analizar las relaciones técnicas se encontró que los proveedores de insumos difunden las innovaciones tecnológicas y las innovaciones de otra índole son poco difundidas. Bajo estas condiciones, la agricultura protegida en Tlaxcala se encuentra en una situación de vulnerabilidad en un sector donde la capacidad de innovación e inversión en equipamiento son factores determinantes para mantenerse en el mercado.



*Ingeniero Agrónomo, estudiante de la Maestría en Estrategia Agroempresarial, miembro del Grupo de investigación Ciencia, Sociedad, Tecnología e Innovación del Sector Rural, del Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de Agroindustria y la Agricultura Mundial, CIESTAAM. ie.garcia.sanchez@gmail.com

**Ingeniero Agrónomo, Especialista en Zootecnia, Doctor en Problemas Económico Agroindustriales, miembro del Grupo de investigación en Ciencia, Sociedad, Tecnología e Innovación del Sector Rural, en CIESTAAM. Sus publicaciones giran en torno a la innovación y la transferencia tecnológica en el campo de las ciencias agrarias. jorgechapingo@yahoo.com.mx

***Maestro en Ciencias, Profesor Investigador del Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, miembro del Grupo de investigación: Sistemas de Producción en Agricultura Protegida, Mejoramiento Genético de Amaranto (*amarantus hypochondriacus*). Sus intereses académicos están relacionados con la flora mejicana y aprovechamientos. bernaltlax@yahoo.com.mx

Palabras clave: Innovación, jitomate, índice de adopción de innovaciones, redes técnicas

Abstract

The aim of this study was to analyze the adoption of innovations and equipment level of the greenhouses in Tlaxcala, Mexico, based on these factors suggest a categorization. A survey was used to collect production data, adoption of innovations and technical relationships of 120 producers in 10 municipalities. The results show an average 12.81 Kg.m⁻² of tomato and an index of technological innovation adoption 0.33. 9% of the greenhouses have a major technological performance and INAI average and a high level of equipment, conditions for their competitiveness. Social network analysis indicated that the suppliers of inputs and seeds are those who spread innovations, non-technological innovations are little known. Under these conditions, Green house horticulture in Tlaxcala is vulnerable in a sector where the ability to innovate and invest in equipment are crucial to competitiveness.

Keywords: Innovation, tomato, index of adoption of innovations, technical networks

Introducción

La liberalización económica y la globalización han hecho necesario un cambio de paradigma en la agricultura. Para satisfacer las exigentes demandas planteadas por la Organización Mundial de Comercio y las normas fitosanitarias estipuladas por los países importadores, la política de medio ambiente debe ser reestructurada a fin de minimizar el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos. Sumado a lo anterior, las recientes políticas agrícolas hacen hincapié en la agricultura como motor para el crecimiento mediante la aceleración del desarrollo comercial de la agroindustria y la agroexportación. La necesidad de la sostenibilidad en la agricultura para satisfacer las necesidades humanas y mejorar la calidad del medio ambiente, está siendo abordada por los políticos y científicos a nivel mundial. Para que las prácticas agrícolas sean sostenibles deben ser ecológicamente sanas, económicamente viables, socialmente justas y adaptables (Fernando *et. al.*, 2009: 132).

Una alternativa con menor riesgo y que permite cambiar las tendencias productivas que dañan el medio ambiente, atentan contra la salud y limitan la economía de los productores es la agricultura protegida. De acuerdo con Bielinski *et al.* (2010:1)¹, la agricultura protegida es el sistema de producción que emplea una estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes o



semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de hortalizas, flores y especias principalmente; bajo este sistema es posible alterar el medio ambiente (temperatura, radiación solar, viento y humedad) y el sustrato en el cual se desarrollan los cultivos con el propósito de aumentar los rendimientos y la calidad de los alimentos y otros productos.

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida, A. C.², la agricultura protegida en México es una de las actividades más dinámicas dentro del sector agropecuario, con una tasa de crecimiento anual de 15%; para el 2010 se reportaron 15 300 Ha, distribuidas en 24 estados del país y que exporta el 80% de su producción. No obstante, esta Asociación reconoce que las estadísticas de crecimiento de la actividad reportadas por diferentes instituciones difieren de manera importante, por lo cual ha iniciado acciones para el desarrollo de una metodología que permita precisar el dinamismo de la agricultura protegida en México, en colaboración con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y la Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos.

Este sistema de producción ha seguido dos tendencias: la empresarial, con un alto nivel tecnológico, capacidad de innovación e inversión orientada a las exportaciones y altamente competitiva, y la agricultura protegida a pequeña escala o social cuya heterogeneidad, escaso nivel tecnológico, limitada innovación e inversión la hacen vulnerable a las condiciones actuales de competencia en el sector de la producción de alimentos.

Si bien son varios los factores que diferencian a ambas tendencias, este trabajo abordará la adopción de innovación y el nivel de equipamiento como factores para la categorización de las empresas dedicadas a la agricultura protegida en Tlaxcala.

García *et al.* (2010:518) caracterizaron el nivel tecnológico de la agricultura protegida en España, considerando los componentes del invernadero, para establecer las necesidades de inversión necesarios para mejorar los rendimientos y calidad de los productos. En ese trabajo, mediante un análisis de clusters, identificaron tres niveles tecnológicos para el cultivo en suelo y dos niveles tecnológicos para el cultivo sin suelo. Otro trabajo similar, aunque en la agroindustria láctea, es el llevado a cabo por Espinosa (2006:186) en el valle de México, en la que identificaron cuatro grupos de empresas: líderes, en expansión, fósiles y en decadencia. En estos trabajos se asume la adquisición de equipos con desempeño tecnológico mejorado, como la actividad

¹Serie de publicaciones del Departamento de Horticultural Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. Fecha de primera publicación: Agosto 2010. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/hs1182>.

²Asociación Mexicana de Horticultura Protegida, A. C. Boletín Informativo, agosto 2010.



innovadora primordial para mejorar la competitividad de las empresas. En el sector rural las actividades innovadoras incluyen además de la adopción de tecnología, la reorganización de estrategias para ventas, el uso de nuevos aprendizajes o enseñanzas provenientes de los agentes de extensión agrícola o la introducción de nuevos procesos y técnicas en la agroindustria (Spielman *et al.*, 2010: 2)

El Manual Oslo (2005: 56) define a la innovación como la introducción de un nuevo o significativamente mejorado bien, servicio, proceso, nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores. Federet *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 basta información acerca de la nueva tecnología y su potencial". La difusión de innovaciones es definida como la propagación de innovaciones exitosas que desplazan a las inferiores o se combinan con las alternativas existentes (Sarkar, 1998). Esta innovación es comunicada a lo largo del tiempo mediante ciertos canales entre los integrantes de un sistema social (Valente, 1995: 2).

Redwine *et al.* (1985) concluyen que una innovación en el sector agrícola 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, aunque hay sectores mucho más dinámicos, como lo es el sector de las telecomunicaciones, donde el tiempo de maduración de una innovación va desde unos cuantos meses hasta dos años, dependiendo del país (Giovannis *et al.*, 2007:103).

Este trabajo tiene el objetivo de contribuir a la categorización de la agricultura protegida en México, empleando para ello el nivel de adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento, para proponer acciones estratégicas adecuadas a cada categoría, que impulsen el crecimiento y desarrollo de esta actividad productiva.

Hipótesis

H1. La mayoría de la agricultura protegida en Tlaxcala no tiene el nivel de equipamiento adecuado, además, sus procesos y técnicas productivas son ineficientes, colocándola en una situación de vulnerabilidad en un entorno altamente competitivo.

H2. La difusión de innovaciones es dominada por los proveedores, situación derivada de la escasa interacción entre los productores.



Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en el estado de Tlaxcala, México. El análisis preliminar del padrón proporcionado por la Secretaría de Fomento Agropecuario del estado (SEFOA), permitió focalizar el trabajo en 10 municipios, ya que estos cuentan con alrededor del 80% de superficie (13.52 Ha) con agricultura protegida. Los productores a entrevistar se seleccionaron del padrón de 520 productores, ubicados en la zona de estudio, subsidiados por la SEFOA para la adquisición de invernaderos y microtúneles de menos de 250 m². Para el cálculo del número de productores a entrevistar se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Npq}{\frac{N-1}{Z^2 d^2} + pq}$$

donde *n*= tamaño de la muestra, *N*= tamaño de la población, *p*=probabilidad de éxito, *q*=probabilidad de fracaso (1-*p*), *d*= precisión, *Z*= valor de *Z* para $\alpha=0.05$. El tamaño de la muestra fue de 119 productores que equivalen al 22% del padrón, con una precisión del 16% y una confiabilidad del 95%.

Se diseñó un instrumento para capturar información, dividido en tres secciones. En la primera sección se capturaron los datos de identificación del productor y aspectos técnico-productivos del invernadero, Cuadro 1. La segunda sección del instrumento se diseñó para analizar la adopción de innovaciones, utilizando la metodología propuesta por Muñoz *et al.* (2004:40) para calcular el índice de adopción de 44 innovaciones agrupadas en 8 categorías y el año de adopción de cada uno de ellas, Cuadro 2. La metodología emplea innovaciones de tipo genérico, pues en los hechos cada una de ellas puede registrar tantas variaciones específicas como productores existentes.

Cuadro 1. Atributos considerados en el instrumento de captura de información de campo.

Característica o Atributo	Tipo de variable	Escala
Identificación del productor	Cualitativa	Nominal
Sexo del productor	Cualitativa	Nominal
Municipio	Cualitativa	Nominal
Localidad	Cualitativa	Nominal
Tamaño del invernadero	Cuantitativa continua	De razón
Tipo de invernadero	Cualitativa	Nominal
Fuente de financiamiento	Cualitativa	Nominal
Cultivo	Cualitativa	Nominal
Variiedad	Cualitativa	Nominal

Continúa siguiente página ►



Característica o Atributo	Tipo de variable	Escala
Rendimiento	Cuantitativa continua	De razón
Sistema de producción	Cualitativa	Nominal
Nivel de equipamiento	Cualitativa	Ordinal
Costo del invernadero	Cuantitativa continua	De razón
Costos de producción	Cuantitativa continua	De razón
Situación de la empresa	Cualitativa	Nominal

Cuadro 2. Categorización de innovaciones en agricultura protegida

Categoría	Descripción
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, la aplicación adecuada de fertilizantes y aplicación de microelementos.
Sanidad	Prácticas encaminadas a mejorar el control de plagas y enfermedades. Se incluyen las podas con fines sanitarios (no confundir con podas de formación, ésta se incluye en la siguiente categoría), calibración de equipos para aplicar pesticidas, evaluaciones para valorar los umbrales en el control de plagas.
Manejo sostenible de recursos	Prácticas que de alguna manera reducen el impacto negativo al ambiente. Se puede incluir la incorporación de arvenses y ramas de podas al suelo, manejo de envases de agroquímicos, control biológico de plagas y enfermedades, producción y/o uso de abonos orgánicos, también se incluyen aquellas innovaciones tendientes a la reducción de la erosión, como son el uso de coberteras.
Manejo agronómico	Agrupar aquellas innovaciones que den evidencia del establecimiento de la plantación bajo un diseño agronómico adecuado, con un sistema de riego o drenaje favorable, con podas de formación, manejo de malezas (tener cuidado al momento en que se mencione en alguna innovación la eliminación de malezas hospedadoras de insectos vectores de enfermedades, si fuera el caso, entonces esa iría en la categoría II. Sanidad) y aplicación de complementos nutrimentales de manera apropiada.



Categoría	Descripción
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, el uso de bitácoras, capacitación de los trabajadores para el mejor manejo de la plantación, contratación de asistencia técnica o consultoría de manera individual.
Organización	Actividades tales como compras y ventas consolidadas, contratación de servicios de manera colectiva, intercambio de conocimiento en grupo, acceso a la asistencia técnica de manera colectiva, pertenencia a alguna organización económica, articulación con agroindustria de forma grupal y/o acceso a financiamiento.
Cosecha	Agrupa aquellas actividades que permitan optimizar la cosecha, mejorar la calidad y cantidad del producto cosechado. En esta categoría, por el momento, se incluyen aquellas innovaciones tendientes a la poscosecha, pudiendo ser algún acondicionamiento de la producción, transformación y/o conservación.
Variedades	Agrupa aquellas innovaciones que den evidencia de un uso de variedades mejoradas, certificadas, de acuerdo al tipo de invernadero y mercado

La tercera sección del cuestionario se empleó en analizar la red técnica para la producción de jitomate en invernadero, utilizando la técnica de análisis de redes sociales, la cual permite identificar el patrón de comunicaciones interpersonales en un sistema social, identificando quién habla con quién (Valente, 1995:2). Enfatizando en la comunicación para el aprendizaje en torno al manejo de jitomate en invernadero, se preguntó a cada productor: ¿persona, organización o evento de la que aprende o acude cuando tiene problemas relacionados con la producción de jitomate? Para construir la red técnica en la producción de jitomate en agricultura protegida se usó el programa NetDraw 2.097[®] y para el cálculo de indicadores de red UCINET 6.288, Cuadro 5.



Cuadro 5. Algoritmos empleados para el cálculo de indicadores de la red técnica

Indicador	Descripción	Algoritmo*
Tamaño	Número de nodos que integran la red	Sumatoria de total de nodos
Densidad	Número de relaciones existentes entre las posibles	Función "Density" de UCINET 6.288 [®]
Grado de entrada	Suma de las relaciones referidas hacia un actor por otros	Función "Density" de UCINET 6.288
Grado de salida	Suma de las relaciones que los actores dicen tener con el resto	Función "Density" de UCINET 6.288
Índice de centralización	La diferencia entre el número de enlaces para cada nodo, dividido entre la cantidad máxima posible de diferencias	Función "Degree" de UCINET 6.288
Cobertura	Porcentaje de nodos que alcanzaría un grupo de actores con respecto al total de nodos	Función "Harvest" de la aplicación Keyplayer 2 de UCINET 6.288 [®] para el grupo de actores seleccionados

* De acuerdo a la metodología propuesta por Aguilar et al. (2005:21-24)

Se decidió clasificar el nivel de equipamiento de acuerdo al número de equipos adicionales al sistema de riego presurizado con los que contaban los invernaderos. Los equipos adicionales permiten monitorear el clima (termómetro, higrómetro), controlar el clima (calefactores con ventilador y quemador de gas), monitoreo del pH y conductividad eléctrica (potenciómetro y conductivímetro), programar los riegos (timmer) y automatizar el sistema de control de clima, riegos y nutrición (computadora), Cuadro 4.



Cuadro 4. Categorización del nivel de equipamiento de los invernaderos

Número de equipos adicionales	Descripción	Categoría
0	El invernadero no cuenta con equipos adicionales	Nulo
Hasta 2	El invernadero cuenta con termómetro y/o calefacción	Bajo
Entre 3 y 4	El invernadero cuenta con 4 de los siguientes equipos: termómetro, calefacción, higrómetro, monitor de pH, monitor de conductividad eléctrica	Medio
Entre 5 y 6	El invernadero tiene entre 5 ó 6 de los siguientes equipos: termómetro, higrómetro, monitor de pH, monitor de conductividad eléctrica, controlador automático de riego.	Alto
7	El invernadero cuenta con termómetro, higrómetro, monitor de pH, monitor de conductividad eléctrica, calefacción y computadora para la automatización del sistema de control ambiental, riego y nutrición.	Muy alto

Para la categorización de los invernaderos se empleó el nivel de equipamiento, el Índice de Adopción de Innovaciones Tecnológicas (InAI tecnológico) y el rendimiento. Para el cálculo del InAI tecnológico se promedió el InAI de las categorías que están relacionadas con el rendimiento: Nutrición, Sanidad, Manejo agronómico y Variedad.

El trabajo de campo consistió en la aplicación de 117 encuestas a igual número de productores ubicados en los 10 municipios donde se llevó a cabo el estudio. Una vez levantadas las encuestas se procedió a la construcción de la base de datos en Excel® con los datos provenientes de ellas.

Para el análisis de los datos provenientes de los instrumentos de captura se emplearon los programas SPSS® y SAS®.



Resultados y Discusión

Fuentes de financiamiento

Durante recolección de información se localizaron invernaderos que no se encontraban en el padrón de la SEFOA, siguiendo la tendencia reportada por la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (2010), referente a la heterogeneidad de las estadísticas reportadas por las diferentes organizaciones, pues no se cuenta con un sistema de información que integre la información referente a los montos de subsidios, superficie apoyada, cultivos establecidos y número de productores beneficiados, Cuadro 7.

Cuadro 7. Fuentes de Financiamiento para la construcción de invernaderos

Fuente de Financiamiento	Número de invernaderos muestreados
Sistema Estatal para el Desarrollo Integral de la Familia	8
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación + Secretaría de Fomento Agropecuario	76
Alianza municipalizada*	13
Fondo Macro para el Desarrollo Integral de Tlaxcala + Banca Privada	7
Secretaría de Promoción del Empleo y Desarrollo Comunitario	13
Fideicomiso de Riesgo Compartido	3
Total	120

Mezcla de recursos provenientes de la SAGARPA, la SEFOA y los municipios

Superficie

El promedio de superficie dedicada a la agricultura protegida por productor de acuerdo a su nivel de equipamiento se presenta en el cuadro 6. Se observa que los invernaderos con equipamiento nulo son en promedio de 137 m², los de equipamiento bajo son en promedio de 641 m², los de equipamiento medio son de 742 m², los de alto nivel de equipamiento son de alrededor de 1500 m² y los de muy alto nivel de equipamiento son en promedio de cerca de



los 7000 m². Se observan también coeficientes de variación por arriba del 50%, e incluso en el caso del nivel de equipamiento nulo por arriba del 100%, dando cuenta de la gran diversidad en el tamaño y equipamiento de los invernaderos. Este mismo cuadro indica que 80% de los invernaderos tienen un nivel de equipamiento medio o inferior, ocupando un 30% de la superficie, mientras que el restante 20% cuenta con un nivel de equipamiento alto o muy alto y ocupan un 70% de la superficie con invernaderos. Estos resultados permiten inferir que en Tlaxcala la agricultura protegida sigue dos tendencias: la empresarial, con grandes superficies y altos niveles tecnológicos y la social o de pequeña escala con superficies muy heterogéneas, dispersas y escaso nivel tecnológico.

Cuadro 6. Estadística descriptiva para la superficie de invernaderos (m²) agrupada por nivel de equipamiento

Categoría	n	μ	DE*	C.V**	Máx ¹	Mín ²	S ³ (%) ⁴	I ⁴ (%) ⁵
Nulo	47	137.70	195.92	142.27	1000	48	6	46
Bajo	25	641.20	336.58	52.49	1300	48	16	24
Medio	10	742.10	393.91	53.08	1100	48	7	10
Alto	14	1597.93	1137.42	71.18	5000	300	22	13
Muy alto	7	6834.57	3162.63	46.27	12600	5000	48	7
Total	103	972.19	1891.06	73.06	12600	48	100	100

*Desviación estándar; ** Coeficiente de variación (%),
¹Máximo, ²Mínimo, ³Superficie, ⁴Invernaderos

Producción

Los resultados del análisis de la base de datos indicó que 85% de los productores que incursionan en la agricultura protegida en Tlaxcala se dedican a la producción de jitomate, el resto es destinado a la producción de cultivos como: papa, nopal, rosa, brócoli y chile poblano, por lo que los análisis se centraron en la agricultura protegida para la producción de jitomate.

En cuadro 4 se muestra el rendimiento promedio de jitomate obtenido por productor de acuerdo a su nivel de equipamiento. Los invernaderos con un nivel de equipamiento medio o inferior tienen rendimientos similares, de entre 11 y 13.4 Kg.m-2, mientras que los invernaderos con un nivel de equipamiento alto superan los 20 Kg.m-2, los invernaderos con un nivel de equipamiento muy alto obtienen en promedio el rendimiento más bajo con



6.25 Kg.m⁻², resultado que difiere del obtenido por Fernández et al. (2006:275) quien después de evaluar la rentabilidad de los invernaderos dedicados a la producción de pimiento de acuerdo a su nivel de equipamiento, concluye que los máximos rendimiento se obtienen en invernadero altamente tecnificados.

Los coeficiente de variación de entre casi el 40% y 65%, permite inferir la heterogeneidad en los procesos y técnicas agrícolas empleadas para la producción de jitomate en invernadero; la excepción son los invernaderos con equipamiento alto, cuyo coeficiente de variación de alrededor del 25% indica qué procesos y técnicas empleados para la producción de jitomate en esta categoría son similares entre ellos, Cuadro 5.

Cuadro 5. Estadística descriptiva para el rendimiento (Kg.m⁻²) de jitomate agrupado por nivel de equipamiento.

	n	Mínimo	Promedio	Máximo	DE*	C.V.**
Nulo	42	0.00	11.00	21.67	5.77	52.48
Bajo	23	6.00	13.42	24.62	5.33	39.68
Medio	10	6.00	11.62	21.67	4.96	42.71
Alto	14	13.33	20.48	32.00	5.28	25.77
Muy alto	5	0.00	6.25	9.92	4.05	64.89
Total	94	0.00	12.82	32.00	6.43	50.13

*Desviación estándar; ** Coeficiente de variación (%);

Para indagar si las diferencias en el rendimiento agrupado por nivel de equipamiento son estadísticamente significativas, se efectuaron análisis de varianza y pruebas de Tukey para la comparación de medias. Los resultados indican que el rendimiento sí depende del nivel de equipamiento, siendo los invernaderos que tienen un nivel de equipamiento alto los que han logrado rendimientos cercanos a los 20 Kg.m⁻² en promedio. El rendimiento de las categorías Nulo, Bajo y Medio son estadísticamente iguales y el de los invernaderos de nivel muy alto es estadísticamente igual al obtenido en los invernaderos con equipamiento nulo y medio, esto se explica porque las fuentes de financiamiento enfocan sus recursos en mejoras tecnológicas, mientras que las inversiones para el desarrollo de capacidades para obtener los mejores resultados (Morgan, 1998) son limitados.



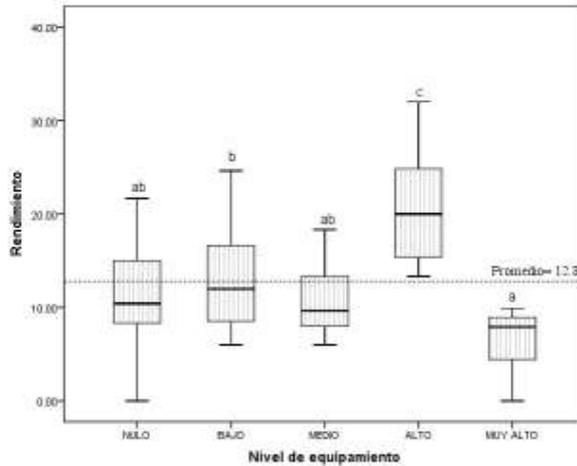


Figura 1. Rendimiento (Kg.m⁻²) agrupado por nivel de equipamiento.

Letras diferentes sobre las barras indican que hay diferencia estadística significativa ($\alpha=0.5$).

Con base en estos resultados se deduce que hacer mejoras tecnológicas a los invernaderos a través del equipamiento sí incrementa los rendimientos, sin embargo la operación del equipo debe ser sencilla, fácil de aprender y manual, pues como se observa en la figura 1, en el nivel muy alto (empleo de computadoras para el monitoreo y sistemas de control automático de clima, riego y nutrición) los rendimientos se abaten considerablemente, obteniendo rendimientos incluso menores que los de equipamiento bajo, esto a consecuencia de que el desarrollo de capacidades para la programación de la computadora es escaso, además, dado que el equipo necesario para la automatización (sensores y computadora) es importado y la dependencia total de la computadora para la aplicación de agua y nutrientes, regulación del pH, conductividad eléctrica y control ambiental, las averías en los mecanismos y sistemas electrónicos, tardan demasiado tiempo en ser reparadas, causando graves daños al desarrollo del cultivo. Esta situación hace necesaria la generación de una norma regulatoria de la importación de infraestructura y equipo, fomentando su adquisición con empresas nacionales que ofrezcan servicios de asistencia técnica y mantenimiento inmediatos

Adopción de innovación

En la figura 2 se muestra el Índice de Adopción de Innovaciones (InAI) en promedio para cada categoría. Se puede ver que la categoría con un InAI en promedio mayor es la que corresponde al manejo agronómico (casi el 50%), esto se explica por el aprendizaje empírico e individual de los procesos y



técnicas necesarias para el cultivo de jitomate. La siguiente categoría con un mayor InAI es la organización (casi el 40%), dentro de esta categoría las principales innovaciones adoptadas son las relacionadas con las compras, ventas y financiamiento en común, debido a la necesidad de los productores por reducir sus costos de producción, lograr mejores precios y contar con capital de trabajo para iniciar la operación de los invernaderos. La incidencia de los proveedores de insumos explica el InAI de las categorías nutrición, variedad y sanidad (cerca del 35% cada una), pues participan en la difusión de innovaciones relacionadas con el uso de fertilizantes y complementos nutrimentales, agroquímicos de última generación para el control de plagas y enfermedades y variedades con vida de anaquel, color, forma y sabor mejorados. El resto de las categorías (cosecha, manejo sustentable de recursos y administración) tienen un InAI por debajo del 20%.

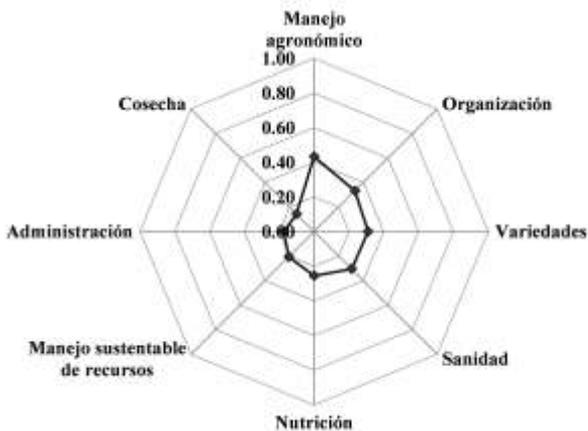


Figura 2. Índice de adopción de innovaciones por categoría en agricultura protegida en Tlaxcala.

Estos resultados ayudan a identificar las innovaciones tecnológicas, organizativas o comerciales que deben gestionar los agentes de extensión tecnológica para mejorar los procesos y técnicas para la producción de cultivo de jitomate, el uso eficiente de fertilizantes y agroquímicos, la organización de productores, los procesos administrativos y el manejo sustentable de los recursos.

Categorización

La figura 3 muestra la categorización de los invernaderos en Tlaxcala, para ello se construyó un plano con el InAI tecnológico en el eje de las X, el rendimiento (Kg.m⁻²) en el eje de las Y, dividido por una línea paralela al eje de las Y trazada



a partir del promedio del InAI Tecnológico y por otra línea paralela al eje de las X trazada a partir del promedio estatal de rendimiento de jitomate (Kg.m⁻²), con la intención de obtener cuatro regiones en las cuales se basa la categorización propuesta para los invernaderos. Cada punto en el plano representa un invernadero, ubicado en la intersección que se forma con el valor del InAI tecnológico y de rendimiento, este punto es diferenciando por su nivel de equipamiento.

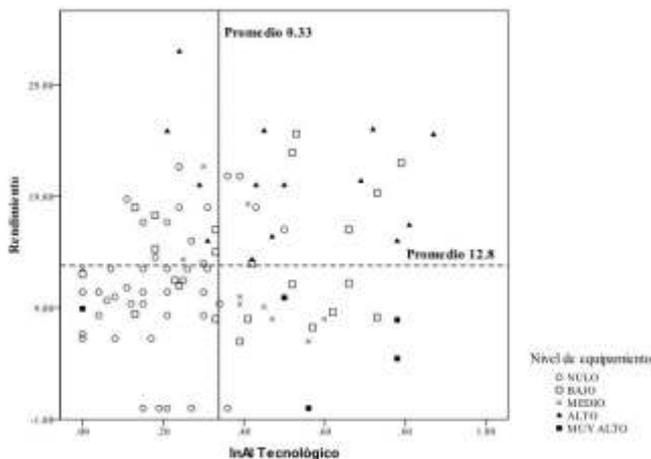


Figura 3. Categorización de las unidades de producción de acuerdo a su nivel de equipamiento, InAI y rendimiento (Kg.m⁻²).

La descripción de cada categoría se detalla a continuación:

Categoría I. Son invernaderos que tienen un rendimiento por debajo de la media estatal estimada (12.8 Kg.m⁻²), esto se explica por el bajo nivel de equipamiento y un índice de adopción de innovaciones tecnológicas por debajo de la media (0.33), esto derivado de los escasos recursos para financiar las mejoras tecnológicas requeridas y a los procesos de aprendizaje individuales para la implementación de innovaciones. Bajo estas condiciones, las probabilidades de continuar operando el invernadero al término de la vida útil del plástico son escasas.

Categoría II. Son invernaderos con rendimientos por arriba de la media estatal estimada y un InAI tecnológico por debajo del promedio. Son invernaderos que debido a su tamaño (entre 300 y 1000 m²) pueden suplir las deficiencias en los procesos, técnicas de producción y equipamiento mediante el empleo intensivo de mano de obra. Las innovaciones implementadas son consecuencia del aprendizaje individual. Si bien son invernaderos con rendimientos superiores a la media estatal estimada, el uso intensivo de mano de obra y deficiencias técnicas generan altos costos de producción, limitando el desarrollo de los invernaderos ubicados en esta categoría.



Categoría III. En esta categoría se ubican los invernaderos de muy alto nivel tecnológico, de tamaño superior a los 5 mil metros cuadrados y con índices de adopción de innovaciones tecnológicas superiores al promedio estimado, pero que pese a lo costoso de las inversiones efectuadas, los rendimientos están por debajo de la media estatal. Estos resultados permiten inferir que estos productores están empleando tecnologías promovidas por los proveedores que no han sido validadas por otras organizaciones, no cuentan con las capacidades suficientes para programar correctamente la computadora, adaptar las innovaciones a las condiciones del invernadero y entrenar al personal encargado de los procesos y técnicas de producción de jitomate en agricultura protegida, lo que concuerda con lo señalado por Aaen (1992, 1994), que dice que las organizaciones adoptan innovaciones sin corroborar sus beneficios con la evidencia empírica de otros productores.

Los invernaderos de nivel de equipamiento medio ubicados en esta categoría además de tener las características mencionadas en el párrafo anterior, no cuentan con el equipo necesario para reducir el requerimiento de mano de obra, hacer un eficiente control del clima, mejorar la nutrición y el riego.

Los invernaderos ubicados en esta categoría tienen una gran carga financiera derivada de inversiones para la automatización del sistema, los costos fijos y de producción, por lo que es necesario que se desarrollen capacidades en: operación y mantenimiento del sistema de automatización, procesos y técnicas para la producción de jitomate bajo invernadero e innovación, para mejorar los rendimientos y recuperar las inversiones efectuadas en el mediano plazo.

Categoría IV: En esta categoría se ubican los invernaderos que tienen un InAI tecnológico por arriba de la media, rendimientos también por arriba de la media estimada y alto nivel de equipamiento. La posición de estos invernaderos en esta categoría se debe a que sus procesos de aprendizaje son colectivos, han desarrollado capacidades para operar y dar mantenimiento a los equipos de monitoreo de las soluciones nutritivas, clima y humedad del suelo o sustrato, e innovar en los procesos y técnicas de producción. Estas condiciones propician la competitividad sostenida de los invernaderos ubicados en esta categoría.

Solleiro *et al.* (2005) dice que para que una empresa sea competitiva desde el punto de vista macroeconómico, debe de administrar y controlar los siguientes aspectos: portafolio de productos, tecnología y equipo, organización interna, desarrollo de productos, sistemas de control de calidad, compras, entrenamiento de los recursos humanos, mercadeo y distribución, y financiamiento. Asimismo, deben generar la capacidad de interaccionar con empresas e instituciones de su entorno. Con base en esto, es evidente que muy pocas empresas cuentan con las fortalezas en equipamiento y capacidad de innovación para mantener operando los invernaderos en un entorno altamente competitivo. Difusión de innovaciones



Red Técnica

Los resultados indican que su tamaño es de 227 nodos y se establecen 266 relaciones, para generar una densidad de 0.005 %, un grado de salida igual a 2.6% y un grado de entrada igual a 7.5%, indicadores que se ven reflejados en la desarticulación de la red. La figura 4 esquematiza las relaciones técnicas identificadas en las encuestas, puede observarse la gran participación de los proveedores de insumos en la difusión de innovaciones, ya estos actores cubren el 22% de la red, los asesores técnicos de la iniciativa privada cubren el 14.7% y las organizaciones públicas de educación, investigación y transferencia tecnológica cubren el 1.2% de la red.

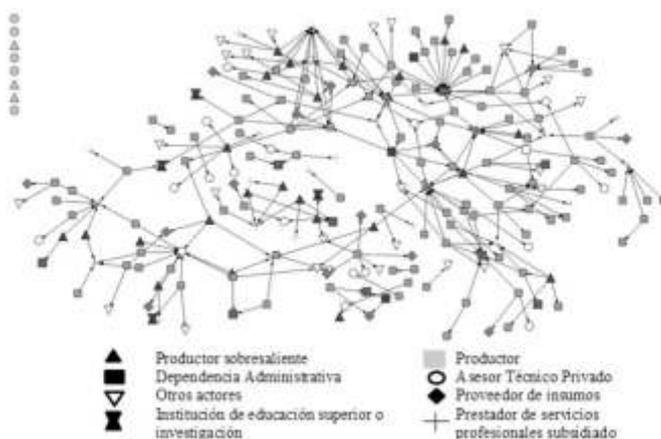


Figura 4. Esquemización de la red de difusión de innovaciones en la agricultura protegida en Tlaxcala. Las flechas señalan la “fuente” de la innovación.

Conclusiones

Si bien el crecimiento de la agricultura protegida es acelerado, no se cuenta con estadísticas confiables de la superficie, cultivos y volúmenes de producción de este sistema de producción, ya que cada organización cuenta solo con información de la producción y superficie de los invernaderos que ha financiado, haciendo necesario que las organizaciones involucradas en el fomento y financiamiento de invernaderos se sumen al esfuerzo encabezado por la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A. C. por contar con un sistema de información integral, confiable y robusto.

Los resultados soportan la hipótesis 1, los cuales indican que un porcentaje alto de las unidades de producción dedicadas a la agricultura protegida se



encuentran en una situación vulnerable ante un entorno altamente competitivo en la producción de jitomate; si se considera que gran parte del financiamiento de estos invernaderos proviene de recursos públicos, el impacto de estas inversiones es reducido.

Con respecto a la hipótesis 2, el análisis de redes técnicas permitió identificar los flujos de conocimiento para el cultivo de jitomate en invernadero, evidenciando la influencia que tienen los proveedores de insumos para la producción de hortalizas, tales como: fertilizantes, fitoreguladores, equipo, control de plagas y enfermedades, etc. Es necesario implementar procesos de difusión de innovaciones mediante el intercambio de experiencias en el uso de equipos, procesos y técnicas de producción, organización y comercialización, que propicien el aprendizaje colectivo y reduzcan la incertidumbre en adopción de innovaciones tecnológicas, comerciales, organizativas y administrativas.

Literatura Citada

- AAEN, I., SILTANEN, A., SORENSEN, C., TAHVANAINEN, V.P.(1992).A Tale of TwoCountries: Case Experiences and Expectations. In: IFIPTransactions.
- AAEN, I.(1994). Problems in CASE Introduction: ExperiencesfromUserOrganizations. En: Information and Software TechnologyNo.36.
- AGUILAR, G., Norman, A y VELÁZQUEZ, A., O. Alejandro. (2005). Manual introductorio al análisis de redes sociales.UNAM-UACH.
- BIELINSKI, M. S., HENNER, A. OBREGÓN-OLIVAS y TERESA P.,SALAMÉ-Donoso. (2010). Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida. Departamento de Horticultural Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. Disponible en internet: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs1182>. Consultado 31.08.11
- ESPINOSA, T., VILLEGAS, A., GÓMEZ, G., CRUZ, J. G. & HERNÁNDEZ, A. (2006). La agroindustria láctea en el valle de México: un ensayo para su categorización. En: Técnica Pecuaria en México Vol. 44 (2)
- FEDER, G., JUST, R.E. and ZILBERMAN, D. (1985). Adoption of AgriculturalInnovations in DevelopingCountries: A survey. En: EconDevCultChange No.33
- FERNANDEZ, M. A., PÉREZ, A. & CABALLERO, P. (2006). Análisis económico de la tecnología de los invernaderos mediterráneos: aplicación en la producción de pimiento. En Información Técnica Económica Agraria, Vol. 102 (3).



- FERNANDO, W. G. DILANTHA, RAJESH RAMARATHNAM and S. Nakke•eran.(2009). Advances in Crop Protection Practices for the Environmental Sustainability of Cropping Systems. In Integrated Pest Management: Innovation-Development Process, eds. RajinderPeshin and Ashok K. Dhawan, 131-162: Springer Netherlands.
- 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)
- GIOVANIS, A. & SKIADAS, C. (2007). A new modeling approach investigating the diffusion speed of mobile telecommunication services in EU-15. En: Computational Economics, 29, 97-106
- MUÑOZ, R. M., J. AGUILAR, A., R. RENDÓN, M., J. R. ALTAMIRANO, C. (2004). Redes de Innovación. UACH, CIESTAAM, Fundación Produce Michoacán. México.
- MORGAN, P. (1998). Capacity and capacity development, some strategies. Canadian International Development Agency, Paper prepared for the Political and Social Policies Division, Policy Branch,
- OECD - European Communities. (2005). Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3ª Edit. OCDE-EUROSTAT.
- ROGERS, Everett M. (1995). Diffusion of innovations. The Free Press. New York.
- SAGARPA.(2009). Informe de evaluación del Programa para la promoción de agricultura en condiciones controladas para productores de menos de tres hectáreas. Grupo GAM Consultores, S.C.
- SARKAR J. (1998). Technological diffusion: alternative theories and historical evidence. En: J Econ Surv No.12
- SOLLEIRO, J. L, CASTAÑON, R. (2005). Competitiveness and innovation systems: the challenge for Mexico's insertion in the global context. En: Technovation; No. 25.
- SOTO J. L., HARTWICH, F., MONGE, M., AMPUERO, L. (2006). Innovación en el cultivo de Quinoa en Bolivia: Efectos de la interacción social y de las capacidades de absorción de los pequeños productores. International Food Policy Research Institute.
- VALENTE, Thomas W. (1995). Network models of the diffusion of innovations. Hampton Press, Inc, Cresskill, New Jersey. p.2. 171 Pag.
- 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

- SPIELMAN, D. J., K. DAVIS, M. NEGASH, G. AYELE. (2010). Rural innovations systems and networks: findings from a study of Ethiopians smallholders. En: AgricHumValues.

Anexo 1

Clave	Categoría	Innovaciones
S1	Nutrición	Fertilización por etapa fenológica, interpretación de análisis de agua, interpretación de análisis foliar, diagnóstico visual de deficiencias y excesos
S2	Sanidad	Uso correcto de la exclusiva, desinfección adecuada de sustrato, desinfección de instalaciones al finalizar el ciclo, desinfección de materiales y herramientas, higiene del personal y uso de ropa adecuada, del perímetro exterior del invernadero, control integrado de plagas y enfermedades.
S3	Manejo Agronómico	Monitoreo adecuado de las condiciones climáticas, lectura correcta de pH y CE, riegos de acuerdo a la tensión o características del sustrato, supervisión del funcionamiento del riego, elección inteligente del sustrato, tutorio, poda de brotes axilares, inducción de la polinización, poda de frutos.
S4	Variedades	Uso de semilla certificada, selección inteligente, evaluación de material vegetal, selección de la variedad con base en las preferencias del cliente.
S5	Cosecha	Selección del fruto, empaque, manejo adecuado poscosecha
S6	Manejo sustentable de recursos	Manejo adecuado de residuos químicos, manejo adecuado de los residuos orgánicos, uso inteligente de agroquímicos, monitoreo de plagas y enfermedades, manejo seguro de agroquímicos.
S7	Organización	Ventas y/o compras en común, asesoría o gestión de financiamiento en común, división y organización del trabajo, alianza con otros productores
S8	Organización	Elaboración de registros contables, manuales de procedimientos o producción, programación de la producción, registro y uso de bitácoras, operación del orden del almacén, vinculación con el mercado, cartera de clientes y proveedores, fondo de ahorro.