



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y TECNOLÓGICAS
DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL

CAMBIO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EN AGRICULTURA PROTEGIDA EN HIDALGO, MÉXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

PRESENTA

JUAN MANUEL VARGAS CANALES



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES



2016

Chapingo, Estado de México

**“CAMBIO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EN AGRICULTURA
PROTEGIDA EN HIDALGO, MÉXICO”**

Tesis realizada por **Juan Manuel Vargas Canales** bajo la dirección de Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

DIRECTOR

Ma Isabel R.N.

DRA. MARÍA ISABEL PALACIOS RANGEL

ASESOR

Jorge Aguilar Ávila

DR. JORGE AGUILAR ÁVILA

ASESOR

Jorge Gustavo Ocampo Ledesma

DR. JORGE GUSTAVO OCAMPO LEDESMA

LECTOR EXTERNO

Michelle Chauvet

DRA. MICHELLE CHAUVET SÁNCHEZ PRUNEDA

Chapingo, México, noviembre de 2016.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y al **Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial**, por el apoyo, aprendizaje y la formación para enfrentar los desafíos personales y profesionales.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por el apoyo brindado para realizar mis estudios de doctorado.

A la **Dra. María Isabel Palacios Rangel** por su tiempo, compromiso, paciencia y apoyo tan valiosos en mi formación académica y desarrollo personal y por su amistad incondicional.

Al **Dr. Jorge Aguilar Ávila** por su tiempo, su estímulo, su apoyo y las sugerencias que me brindó en todo el proceso.

Al **Dr. Jorge Gustavo Ocampo Ledesma** por su confianza, su apoyo y sus sugerencias en la culminación de mis estudios.

A la **Dra. Michelle Chauvet Sánchez Pruneda** por su apoyo, tiempo e interés y por sus aportes y sugerencias en el trabajo final.

A mis compañeros de doctorado por sus comentarios y sugerencias y su disposición a revisar y aportar a este trabajo.

Agradezco profundamente a los **agricultores, extensionistas y funcionarios públicos** de la región de Tulancingo, Hidalgo por su tiempo, su disposición y por sus invaluable aportes en esta investigación.

Finalmente, quiero agradecer **a todos mis profesores**, por su apoyo constante, su paciencia y sus valiosos aportes.

DATOS BIOGRÁFICOS

Juan Manuel Vargas Canales nació en Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Realizó sus estudios de Preparatoria Agrícola del 2000 al 2003 en la Universidad Autónoma Chapingo. Del 2003 al 2007 efectuó los estudios de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Cursó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura del 2010 al 2011 en la Universidad Autónoma Chapingo. De enero de 2013 a diciembre de 2016, realizó estudios de Doctorado en Problemas Económico Agroindustriales en el Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial de la Universidad Autónoma Chapingo.

Como profesional se desempeñó como Auxiliar de investigación en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Hidalgo (INIFAP) de 2007 a 2008. Fue Gerente Técnico en Servicios Fitozoosanitarios de México S. C. del 2008 al 2011. Coordinador Local en el Estado de México del INCA Rural del 2011 al 2012. Ha impartido varios cursos de capacitación sobre horticultura protegida y ha participado en distintos proyectos de investigación.

Ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales, dentro de los que destacan el Congreso en Economía Agrícola y Agronegocios en San José, Costa Rica; la XIV International Conference on Knowledge, Culture and Change in Organizations held in Saïd Business School, University of Oxford en Oxford, Reino Unido; las XI Jornadas Latinoamericanas de Estudos Sociais da Ciencia e da Tecnologia, en Curitiba-PR, Brasil. Participó en la IV Escuela Doctoral Iberoamericana, en Valparaíso, Chile, y en la reunión de trabajo sobre Agricultura Urbana y Suburbana realizada por el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT) en La Habana, Cuba. Realizó una estancia en el Centro de Ciencia, Tecnología y Sociedad de la Universidad Maimónides en Buenos Aires, Argentina y en el Institute of Biotechnology de la Universidad de Cornell en Nueva York, EU.

Ha publicado trabajos de investigación sobre nutrición vegetal, sistemas intensivos de producción agrícola, innovación agrícola y análisis de costos y rentabilidad. Sus áreas de interés incluyen el desarrollo tecnológico en la agricultura, el desarrollo rural y el cambio tecnológico e innovación.

RESUMEN GENERAL

CAMBIO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EN AGRICULTURA PROTEGIDA EN HIDALGO, MÉXICO¹

En esta investigación se analiza el comportamiento del cambio tecnológico e innovación en la agricultura protegida en la región de Tulancingo, estado de Hidalgo, desde una perspectiva territorial, como un aspecto importante que ayuda a comprender los factores que originan el desarrollo regional, a fin de valorar, adecuadamente, el funcionamiento de este sistema de producción. Para estudiar el cambio tecnológico se utilizó la trayectoria tecnológica, el método genealógico y las redes sociotécnicas. Un modelo econométrico y un análisis de conglomerados para identificar los factores de innovación y las redes de innovación para analizar el sistema regional de innovación. Los resultados indican que la trayectoria que ha seguido la agricultura protegida se caracteriza por la acumulación de cambios tecnológicos apoyados por las políticas de fomento, las genealogías tecnológicas indican que la tecnología se introduce, adapta y reproduce en los territorios por agentes innovadores. La red sociotécnica se caracteriza por su complejidad, heterogeneidad, articulación y por actuar como un colectivo. Los factores que influyen en la innovación son: superficie de producción, confianza, extensionismo y rendimiento; la eficiencia en el uso y adopción de las innovaciones se relaciona con escolaridad, experiencia en la actividad y el extensionismo. En el sistema regional de innovación destacan las instituciones de gobierno, instituciones de enseñanza e investigación y los proveedores de insumos y servicios, debido a que presentan mayor grado de articulación y se encargan de difundir nuevas tecnologías. Respecto al capital relacional las redes con mayor relevancia son con instituciones de gobierno, instituciones de enseñanza e investigación y con el extensionismo. Derivado de lo anterior, la agricultura protegida es una actividad que depende para su permanencia y reproducción de las relaciones sociales que la sustentan y de las que se establecen con el mercado. Por consiguiente, es importante estimular la articulación de actores, lo cual, facilitará la innovación y el desarrollo regional.

Palabras clave: Método genealógico, Redes sociotécnicas, Sistema regional de innovación, Trayectoria tecnológica.

¹ Tesis de Doctorado en Problemas Económico Agroindustriales, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Juan Manuel Vargas Canales
Directora de Tesis: Dra. María Isabel Palacios Rangel

GENERAL ABSTRACT

TECHNOLOGICAL CHANGE AND INNOVATION IN PROTECTED AGRICULTURE IN HIDALGO, MEXICO²

In this research, the behavior of technological change and innovation in the protected agriculture in the region of Tulancingo, Hidalgo state from a territorial perspective as an important aspect that helps to understand the factors that causing regional development, to value suitably the operation of this production system. To study the technological change the technological trajectory is used, the genealogical method and socio-technical networks. An econometric model and a cluster analysis to identify the factors of innovation and the innovation networks to analyze the regional innovation system. The results indicate that the trajectory that has continued protected agriculture is characterized by the accumulation of technological changes supported by development policies, the technological genealogies indicate that the technology is introduced, adapted and reproduced in the territories for innovators agents. The socio-technical network is characterized by its complexity, heterogeneity and clear articulation and for act as a collective. The factors influencing innovation are: production surface, trust, the extensionism and performance; efficiency in the use and adoption of innovations is related to education, experience in the activity and the extensionism. In the regional innovation system, the actors that stand out are government institutions, institutions teaching and research and input suppliers and services, because they have higher degrees of articulation and are responsible for disseminating new technologies. Regarding the relational capital, the networks more relevant are with government institutions, institutions teaching and research and service extensionism. Due to the above, protected agriculture is an activity that depends for its permanence and reproduction of social relations that sustain it and of the that are established with the market. It is therefore important to encourage the articulation of actors, which will facilitate innovation and regional development.

Keywords: Genealogical method, Socio-technical networks, Regional innovation system, Technological trajectory.

² Thesis: Doctoral thesis in Problemas Económico Agroindustriales, Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Juan Manuel Vargas Canales
Advisor: Dra. María Isabel Palacios Rangel

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DATOS BIOGRÁFICOS	ii
RESUMEN GENERAL.....	iii
GENERAL ABSTRAC	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
La agricultura protegida en México	3
Planteamiento del problema	5
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Preguntas de investigación.....	11
Hipótesis de investigación	11
Descripción del contenido de la tesis	12
CAPÍTULO 1. CORPUS TEÓRICO	16
Prolegómeno del capítulo	16
1. 1. Enfoque territorial y región	17

1. 2. La tecnología desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)	20
1. 3. Cambio tecnológico e innovación	22
1. 4. Orígenes y enfoques de la innovación	26
1. 4. 1. Enfoque neoclásico de la innovación	26
1. 4. 2. Enfoque evolucionista de la innovación	30
1. 4. 3. Economía de la innovación	35
1. 4. 3. 1. Sistemas de Innovación.....	36
1. 5. Tecnología, agricultura y sistemas de producción	38
CAPÍTULO 2. TRAYECTORIAS, GENEALOGÍAS Y REDES EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN HIDALGO, MÉXICO.....	42
2. 1. Resumen	42
2. 2. Introducción	43
2. 3. Metodología	47
2. 3. 1. Tecnología y cambio tecnológico	47
2. 3. 2. Métodos de análisis.....	47
2. 3. 2. 1. Trayectorias tecnológicas.....	47
2. 3. 2. 2. Método genealógico	48
2. 3. 2. 3. Redes sociotécnicas	48
2. 3. 3. Compilación de la información.....	49

2. 4. Resultados	50
2. 4. 1. Características de la región de estudio	50
2. 4. 1. Características del sistema de producción	52
2. 4. 1. Adopción, adaptación tecnológica y territorio	53
2. 4. 2. Liderazgo tecnológico, emprendimiento innovador y territorio	58
2. 4. 3. Actores, relaciones y territorio	62
2. 5. Discusión.....	68
2. 6. Conclusiones	73
CAPÍTULO 3. FACTORES DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN Y EFICIENCIA EN SU ADOPCIÓN EN AGRICULTURA PROTEGIDA	75
3. 1. Resumen.....	75
3. 2. Introducción	76
3. 3. Marco conceptual	80
3. 3. 1. Cambio tecnológico e innovación en el sector agropecuario	80
3. 3. 2. Factores que influyen en el cambio tecnológico e innovación	82
3. 4. Metodología	84
3. 4. 1. Localización.....	84
3. 4. 2. Compilación de datos y variables de estudio	84
3. 4. 3. Diseño, construcción y cálculo del índice de adopción de innovaciones	85

3. 4. 4. Diseño, construcción y cálculo del índice de confianza	87
3. 4. 5. Especificación de modelo econométrico	87
3. 4. 6. Análisis de la información	88
3. 5. Resultados y discusión	89
3. 5. 1. Evaluación estadística del modelo econométrico	90
3. 5. 2. Evaluación económica	93
3. 5. 3. Tipología de agricultores: eficiencia en el uso y adopción de innovaciones	96
3. 5. 3. 1. Clúster 1: agricultores con baja eficiencia en el uso y adopción de innovaciones	96
3. 5. 3. 2. Clúster 2: agricultores con eficiencia media en el uso y adopción de innovaciones	97
3. 5. 3. 3. Clúster 3: agricultores con alta eficiencia en el uso y adopción de innovaciones	98
3. 5. 4. Análisis del servicio de extensionismo	99
3. 5. 5. Generación de valor de la adopción de innovaciones	100
3. 6. Discusión	101
3. 7. Conclusiones	104
CAPÍTULO 4. SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN (SRI): AGRICULTURA PROTEGIDA DE TECNOLOGÍA MEDIA EN MÉXICO	106
4. 1. Resumen	106

4. 2. Introducción	107
4. 3. Marco conceptual	109
4. 3. 1. Funciones de las redes de innovación.....	109
4. 3. 2. Las redes como instrumentos de política para la innovación agrícola	112
4. 3. 3. Políticas basadas en el enfoque de sistema regional de innovación	113
4. 4. Metodología	116
4. 4. 1. Unidad de análisis	116
4. 4. 2. Recopilación de información.....	116
4. 4. 3. Universo de estudio	117
4. 4. 4. Análisis y procesamiento de la información	118
4. 5. Análisis de resultados	120
4. 6. Discusión.....	131
4. 7. Conclusiones	135
CONCLUSIONES PROSPECTIVAS.....	137
LITERATURA CITADA	139

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Conceptos teóricos y principales autores utilizados en la investigación.	41
Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de las variables analizadas.	90
Cuadro 3. Parámetros estimados para el modelo de regresión lineal múltiple..	91
Cuadro 4. Coeficientes de determinación para las regresiones auxiliares.	92
Cuadro 5. Prueba de Glejser para reforzar el análisis de heteroscedasticidad.	92
Cuadro 6. Comparación de medias de los atributos de los agricultores basada en los Clústers formados.	98
Cuadro 7. Prueba de chi-cuadrada entre el servicio de extensión agrícola basado en los clústeres formados.....	99
Cuadro 8. Características generales y por clúster de los agricultores dedicados a la agricultura protegida.	121
Cuadro 9. Matriz de correlaciones Pearson entre las características de los agricultores y los vínculos de sus redes.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenido y estructura de tesis.....	13
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.	14
Figura 3. Fuentes de información de cada capítulo.....	15
Figura 4. Elementos metodológicos del enfoque territorial.	19
Figura 5. Plano de una unidad de producción típica de la región de estudio.	52
Figura 6. Sucesos que dieron origen a la agricultura protegida.	54
Figura 7. Genealogía del liderazgo tecnológico de la agricultura protegida en la región de Tulancingo, Hidalgo, México.	61
Figura 8. Actores-red relacionados a la agricultura protegida, 1998.	63
Figura 9. Actores-red relacionados a la agricultura protegida, 2007.	66
Figura 10. Actores-red relacionados a la agricultura protegida, 2014.	67
Figura 11. Tipología de agricultores conforme a rendimiento e índice de adopción de innovaciones.	97
Figura 12. Comparación de medias de los ingresos, basada en los Clústeres formados. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$), de acuerdo con la prueba de Scheffé.	101
Figura 13. Dendrograma de agricultores dedicados a la agricultura protegida construidos con base en la superficie de producción, como método de agrupamiento se usó la distancia euclídea al cuadrado y como método de enlace el de vecino más lejano.	120
Figura 14. Red de extensionismo en la agricultura protegida en Hidalgo, México.	122
Figura 15. Red de comercialización en la agricultura protegida en Hidalgo, México.	123
Figura 16. Red de proveedores de insumos en la agricultura protegida en Hidalgo, México.	124

Figura 17. Red de instituciones de gobierno en la agricultura protegida en Hidalgo, México. 126

Figura 18. Red con instituciones de enseñanza e investigación en la agricultura protegida en Hidalgo, México..... 127

Figura 19. Red de aprendizaje en la agricultura protegida en Hidalgo, México. 128

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. PROPUESTA DE INDICADORES PARA ANALIZAR SISTEMAS DE INNOVACIÓN AGRÍCOLA: ESTUDIO DE CASO EN AGRICULTURA PROTEGIDA	159
---	-----

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de la dinámica económica actual, del sistema capitalista, se caracteriza por la alternancia en el tiempo de patrones de acumulación o reproducción de capital y es posible observar ciertas tendencias o ciclos. Es decir, se observa la presencia de un movimiento temporal de ascenso, seguido de uno de descenso. Al respecto, se han desarrollado varios tipos de ciclos económicos que intentan explicar el comportamiento de las economías de los países y se distinguen principalmente por su duración temporal y por las variables que intentan explicarlos (vease Tylecote, 1993).

Sin embargo, los más utilizados son el conocido como ciclo corto por su duración aproximada de tres a cuatro años, también es conocido como ciclo clásico o ciclo capitalista industrial. Por otra parte, los llamados ciclos económicos largos (ciclos Kondrátiev) son los más apropiados para describir en el largo plazo el comportamiento general del sistema económico. Con una duración aproximada que oscila entre cincuenta y sesenta años, estos ciclos son conocidos como ondas largas de carácter recurrente en la vida del capitalismo (Jiménez, 2014).

La importancia de introducir en el análisis los ciclos económicos radica en que son considerados el reflejo de la situación económica de un país en su conjunto, aspecto que está ligado, al mismo tiempo, con el curso tomado por los principales agregados macroeconómicos; podría decirse que son la representación gráfica de la vida económica de un país y de las condiciones de su población.

En la actualidad una de las consecuencias principales de la creciente integración comercial y financiera entre los distintos grupos de países es la sincronización de sus ciclos económicos. El término sincronización se refiere al movimiento en fase de los ciclos económicos de dos o más países (Mejía, Gutiérrez, y Farías, 2006). Pero no sólo se trata de una sincronización económica, sino de equiparar patrones de vida. En este sentido, para adaptarse a esa dinámica económica dominante es necesario hacer coincidir, también, las

innovaciones tecnológicas que mejor respondan a los ciclos económicos de reproducción de capital. Es conveniente aclarar que la innovación tecnológica es un proceso clave de adaptación en la vida del capitalismo y en general su desarrollo se corresponderá con el paradigma tecnológico del ciclo en cuestión (Jiménez, 2014).

En este sentido, México tiene acuerdos de libre comercio con varios países, sin embargo, destaca el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) y desde su firma han ocurrido varias transformaciones en la estructura productiva del país. Mejía *et al.* (2006) realizan un análisis sobre la sincronización de las economías de México y Estados Unidos de América y encuentran que la sincronización no es un fenómeno que ocurre de forma general. Es decir, no todas las actividades productivas tienen vínculos importantes con el exterior y que las actividades exportadoras no han generado, siempre, los mismos efectos dinámicos sobre las otras. Sin embargo, si es un mecanismo de choque que modifica la estructura productiva.

Uno de los sectores que más transformaciones ha experimentado después de la entrada de México al TLCAN, es su sector agroalimentario. Lo anterior originó, por ejemplo, que en pocos años la producción de hortalizas tuviera gran importancia dentro de las exportaciones mexicanas (Schwentesius y Gómez, 2001) y se iniciara, con ello, una fuerte búsqueda y adaptación de innovaciones tecnológicas que permitieran ser más competitivos a estos sistemas de producción.

En consecuencia, la producción de hortalizas se posicionó (en relación con el incremento en el valor de las exportaciones) como una de las actividades más importantes en la economía mexicana. De esta manera, surge la agricultura protegida o en ambientes controlados que se expande rápidamente, aunque con grandes diferencias regionales, por todo el territorio nacional debido a las ventajas de su adopción (producción fuera de temporada, mayores rendimientos y mejor calidad).

En general, en México se pueden observar dos vertientes de modelos de agricultura protegida claramente definidas: el sistema empresarial y de alta tecnología del norte de país vinculado, directamente, al mercado internacional; el del centro y sur del país asociado a los mercados locales y regionales y de tecnología intermedia. Aunque también existe grandes empresas ubicadas en otros estados (Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí y Quintana Roo) que logran exportar al extranjero.

La agricultura protegida en México

La agricultura protegida o en ambientes controlados puede definirse como un sistema de producción que permite manejar las condiciones ambientales y minimizar otros riesgos (plagas y enfermedades) para el buen desarrollo de los cultivos. De esta manera, si se realiza de manera adecuada es posible incrementar la productividad en cantidad, calidad y oportunidad comercial (Bastida, 2008; Castañeda-Miranda, Ventura-Ramos, Peniche-Vera, y Herrera-Ruiz, 2007; Moreno, Aguilar, y Luévano, 2011). En este sentido, se pueden aumentar los rendimientos a más del 200% dependiendo del cultivo (SIAP, 2013); además, permite hacer un uso más eficiente de agua, fertilizantes y agroquímicos (García, Van der Valk, y Elings, 2011). De ahí, que se crea que la meta actual de alcanzar y mantener una agricultura sostenible implica un conocimiento profundo de estos sistemas de producción (Vargas-Canales, Castillo-González, Pineda-Pineda, Ramírez-Arias, y Avitia-García, 2014).

En el ámbito nacional, los principales productos hortícolas que se producen con esta tecnología son el jitomate (70%), pimiento (16%), pepino (10%); el restante (4%) pertenece a cultivos como las flores, chile, fresa y papaya. Una tendencia actual es que los productores mexicanos continúan migrando de la producción a campo abierto a las tecnologías de agricultura protegida debido, principalmente, al comportamiento incierto del mercado, tanto el nacional como el de Estados Unidos (cambios en los precios internacionales y tipo de cambio), y a los problemas de plagas y enfermedades, los altos costos de producción, la

escasez en la disponibilidad de agua y la incidencia, cada vez más frecuente, de fenómenos meteorológicos de alto impacto ambiental (Kuss, Flores, y Harrison, 2016).

En México, durante las últimas décadas distintas regiones se han visto beneficiadas con diversos apoyos gubernamentales, que han facilitado que sus productores introduzcan modificaciones tecnológicas a su sistema de cultivo tradicional. En este sentido, los sistemas de producción en ambientes controlados se han adaptado, adoptado y difundido en todas las regiones agrícolas del país (García *et al.*, 2011) y presentan un gran dinamismo en el sector rural. Situación que los ha llevado a ser considerados por especialistas y funcionarios del ramo agropecuario, como sistemas tecnológicos viables para mejorar la productividad y reducir las incertidumbres que enfrenta el sector, pese a reconocerse el alto grado de especialización que se requiere para su manejo.

Pese a no contar con datos precisos que contabilicen la superficie nacional total cultivada bajo estos sistemas (García *et al.*, 2011), si se ha documentado el incremento de la superficie cultivada bajo invernadero. En ese sentido, para 1980 el área destinada a la agricultura protegida era de solo 300 hectáreas; en 2010, la Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), reportaba 11,760 hectáreas; y algunas organizaciones de profesionales estimaban que la producción de hortalizas en invernaderos abarcaba cerca de 30,000 hectáreas (García *et al.*, 2011); en 2013 las estadísticas gubernamentales contabilizaban 19,985 unidades que empleaban sistemas de cultivo protegido (SIAP, 2013).

La producción en invernaderos se centra en los estados de Sinaloa, Baja California y Jalisco, pero también, en los de Colima, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas, con un buen ritmo de crecimiento debido a que los productores se vuelven cada vez más conscientes de los beneficios de estas tecnologías en la producción agrícola. Esta transición es apoyada por el gobierno de México, que ve en este método

de producción una forma de desarrollo comercial en las zonas rurales más pobres (Kuss *et al.*, 2016).

Sin embargo, uno de los aspectos más relevantes para el éxito de esta tecnología se encuentra relacionado con el nivel tecnológico de las instalaciones. Éste varía dependiendo del cultivo, la región geográfica y del tipo de productor. De manera general, en México los menores niveles tecnológicos se manifiestan en sectores productivos donde predominan los pequeños agricultores, quienes, además, se enlazan a deficientes canales de comercialización, muestran insuficiente capital de trabajo, baja capacidad para hacer frente a los fenómenos meteorológicos y limitado acceso a créditos (Kuss *et al.*, 2016).

Planteamiento del problema

Pese a que el tránsito de algunos agricultores de cielo abierto hacia la agricultura protegida se ha ido incrementando en las dos últimas décadas, esto no garantiza el éxito de este sistema de producción, de ahí que en la actualidad el 39% de los invernaderos se encuentran inactivos o abandonados y el 19% presentan limitada productividad (Aguilar, Aguilar, Muñoz, y Santoyo, 2013); esto debido a distintos factores técnicos, económicos y sociales que no se consideraron en su implementación. Por el contrario, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), por medio de sus programas, ha promovido en todos los sectores de productores este sistema productivo, sin considerar los puntos críticos de la actividad, con lo que se ha generado un uso ineficiente del gasto público y en algunos casos del privado, ya que la construcción de la mayoría de los invernaderos en el país es subsidiada por el Estado.

Al respecto, hay una serie de estudios relacionados con la problemática que enfrenta este sistema de producción, objeto de esta investigación; por ejemplo, Moreno *et al.* (2011) describen las características de la agricultura protegida en México y los factores que inciden en su funcionamiento encontrando como los

principales el bajo nivel de la curva de aprendizaje de los interesados; la incertidumbre fitosanitaria; la elevada inversión de los invernaderos, los costos de operación para controlar temperatura y humedad relativa, o el mal diseño; la escala de producción. Sin embargo, concluyen que los invernaderos son una alternativa viable para la producción agrícola en los minifundios.

Padilla-Bernal, Pérez, Rumayor, y Reyes (2008) realizan una clasificación de la agricultura protegida en el estado de Zacatecas, México, por nivel tecnológico aplicando la técnica de análisis de conglomerados y encontraron que las economías externas son más dominantes que las acciones conjuntas; la eficiencia colectiva y el *upgrading* se encuentran positivamente relacionados; asimismo, observaron que el alto nivel tecnológico es condición necesaria, más no suficiente, para que las agroempresas permanezcan competitivas en el mercado global, por lo que se requiere elevar su capacidad de *upgrading*. De igual forma, García, Aguilar, y Bernal (2011) analizan la adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento en invernaderos en Tlaxcala, México, y encuentran que se tienen bajos niveles de adopción de innovaciones y equipamiento. Además, que los proveedores de insumos son quienes difunden las innovaciones tecnológicas.

En Hidalgo, Terrones y Sánchez (2011) realizan un análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en donde se concluye que la actividad es una importante fuente de empleos e ingresos y presenta una buena rentabilidad. Una investigación similar que se realizó en el centro sur de Chihuahua (Rucoba, Anchonfo, Luján, y Olivas, 2006) indica que la actividad presenta viabilidad económica con buenas perspectivas de comercialización. Olivares (2008) analiza las causas de por que los pequeños productores de agricultura bajo cubierta en el estado de Hidalgo no están funcionando conforme a los esperado y encuentra que los factores determinantes son: el tamaño de la unidad de producción, la asistencia técnica, el financiamiento y el mercado.

Wijerathna, Weerakkody, y Kiringigoda (2014) analizan los factores que causan que los productores dedicados a la agricultura protegida en Sri Lanka abandonen la actividad después de unas temporadas de funcionamiento, y encontraron que las principales razones para que interrumpieran sus actividades fueron los factores socioeconómicos; a saber, la falta de medios de transporte, problemas en la comercialización, ingresos monetarios marginales, la dependencia de los sistemas de apoyo externos de las inversiones, el compromiso a tiempo parcial, la falta de apoyo familiar y la escala de la producción; aspectos, todos, que pueden identificarse en México, fundamentalmente, entre pequeños productores ejidales que recibieron apoyos para realizar el cambio tecnológico hacia la producción de hortalizas en invernaderos y, posteriormente, abandonaron su manejo.

Sobre el análisis de la política pública para el fomento de la horticultura protegida en México, Aguilar *et al.*, (2013), encuentran que los factores que explican el alto índice de inactividad están relacionados con: 1) El diseño de los invernaderos; 2) La falta de experiencia previa en la actividad por parte de los productores; 3) Escasa asistencia especializada y 4) Los canales y la forma de comercialización, en la mayoría de los casos, se realiza a través de intermediarios y sin la presentación adecuada. Como factores que promueven su manejo, Wu y Zhang (2013) al analizar la difusión de invernaderos en China encuentran que la interacción constante del gobierno y los productores líderes son elementos cruciales para su éxito.

Sin duda, todas estas investigaciones han aportado elementos importantes que ayudan a comprender mejor el comportamiento de la agricultura protegida. Sin embargo, cuando se analizan los procesos de cambio tecnológico e innovación en el sector agrícola se advierte que, con frecuencia, su tratamiento ha estado condicionado por supuestos y consideraciones que no permiten explicar las causas que los impulsaron ni sus características diferenciales, ya sea por aceptar los postulados de la económica actual o por utilizar unos referentes sobre las posibilidades de innovación y el comportamiento de los agentes económicos, poco adaptados a la diversidad de situaciones agrarias existentes

en el sector rural (Pujol y Fernández, 2001).

En este sentido, las investigaciones anteriores no se centraron en analizar que se trata de un proceso en constante movimiento, modificación, transformación y evolución; sin considerar que al mismo tiempo, que en ese movimiento y esa evolución se mantiene una conexión interna entre todos los componentes del sistema. Además, no se han tomado en cuenta los efectos de la tecnología sobre la sociedad y viceversa, es decir, las transformaciones y las reconfiguraciones territoriales que se originan para que se evolucione. Es decir, se han desarrollado análisis del objeto de estudio anti-históricos que aparecen descontextualizados o poco vinculados con la dinámica económica, política y social que se da en y entre los distintos ámbitos de desarrollo (local, regional, nacional y global).

Al respecto, en los últimos años las perspectivas teóricas y metodológicas incorporadas en los análisis sobre tecnología, el cambio tecnológico y la innovación, expresan cambios conceptuales. De acuerdo con Pacey, se puede hablar de dos definiciones de tecnología, una restringida y otra general (Pacey, 1983). En la primera sólo se hace referencia al aspecto técnico (conocimiento, destreza y técnica, herramientas, máquinas o recursos); mientras que la segunda incorpora, además de los ya mencionados, los aspectos organizativos (actividad económica, actividad profesional, usuarios y consumidores) y los aspectos culturales (objetivos, valores y códigos éticos, normas de comportamiento). Aun manteniendo importantes diferencias entre sí, otros conceptos de tecnología inciden en la misma línea de razonamiento; por ejemplo, se habla de las tecnologías como formas de vida (Winner, 1986), lo que significa que introducir una determinada tecnología implica, en muchos casos, comprometerse con un modelo social.

En síntesis e integrando las concepciones expuestas con anterioridad la tecnología tiene importantes implicaciones en relación con la vida de los ciudadanos; es decir, se trata de complejas interacciones entre las relaciones sociales y de éstas con los ecosistemas y otras sociedades.

De esta forma, la agricultura protegida se entiende no sólo como un sistema de producción agrícola, sino como una forma de construir la sociedad, las relaciones humanas y el territorio, donde se integran un conjunto de elementos heterogéneos con la historia, cultura y tradiciones distintas (con influencia de la ciencia, la tecnología, la política y el mercado) que interactúan manteniendo un flujo constante de conocimientos e información, dinámica que les permite evolución y transformación.

Las características tecnológicas de la agricultura protegida se corresponden al modelo tecnológico impulsado por el sistema económico dominante basado en su racionalidad económica. Sin embargo, se trata de una actividad cuyo éxito no depende exclusivamente de hacer funcionar artefactos, sino, también, de buscar equilibrios entre diferentes intereses, valores, costumbres y tradiciones tecnológicas.

Para entender y explicar el cambio tecnológico y la innovación en la agricultura protegida, es necesario elaborar no solo una reflexión económica, sino, también, sociológica. En este sentido, las trayectorias tecnológicas, las genealogías y las redes sociotécnicas que se gestan en los territorios, son herramientas analíticas que permiten comprender la dinámica del cambio tecnológico que se desarrolla en la producción agrícola. Al mismo tiempo, posibilitan identificar los factores que explican la innovación y los factores que influyen en la eficiencia en el uso y adopción de innovaciones, así como, las interacciones que se establecen entre los actores del sistema de innovación.

Con la investigación propuesta se presenta la oportunidad de diseñar un aporte teórico-metodológico que permita analizar el cambio tecnológico e innovación en una actividad con gran dinamismo e importancia económica como lo es la agricultura protegida, y de esta forma, apreciar con mayor claridad el comportamiento de los actores (como usuarios, diseñadores e innovadores tecnológicos) y la tecnología (como actante) y sus efectos en el diseño del territorio, para identificar los factores que determinan su funcionamiento, con base en esto, poder acceder a realizar propuestas prácticas, como una forma

de contribuir en la mejora de las estrategias de transferencia, adopción y adaptación para detonar procesos de innovación.

Con base en lo anterior, es que se plantean los siguientes objetivos, preguntas de investigación e hipótesis.

Objetivo general

Analizar el comportamiento del cambio tecnológico (transferencia, adopción, adaptación e innovación) de la agricultura protegida en la región de Tulancingo, estado de Hidalgo desde una perspectiva territorial, como un aspecto importante que ayuda a comprender los factores que originan el desarrollo regional, a fin de valorar, adecuadamente, el funcionamiento de este sistema de producción.

Objetivos específicos

Tomando como base los antecedentes en los avances teórico-metodológicos, hasta ahora descritos en este documento, el planteamiento del problema y el objetivo general, los objetivos específicos son los siguientes:

1. Analizar los procesos que contribuyen al cambio tecnológico e innovación, la forma cómo se transmite la tecnología y las redes que se crean en torno a la agricultura protegida desde un enfoque territorial, a fin de proponer algunas perspectivas respecto a las orientaciones que pueden seguir para mejorar su competitividad.
2. Identificar los factores que explican la innovación a nivel de agricultor y analizar los que influyen en la eficiencia en la adopción de innovaciones relacionadas con la generación de valor en la agricultura protegida.
3. Explorar a través las redes de innovación la configuración del sistema regional de innovación de agricultura protegida para poder analizar su influencia en los agricultores para plantear estrategias que faciliten la innovación.

Preguntas de investigación

Con respecto a los objetivos planteados en esta tesis, las principales preguntas de investigación que corresponden a cada uno de los objetivos, son las siguientes:

1. ¿Qué sucesos tecnológicos dieron origen a la agricultura protegida en Hidalgo, México? ¿Qué actores introdujeron las tecnologías que dieron origen y continuidad a la agricultura protegida? ¿Qué redes se fueron creando en torno a la agricultura protegida?
2. ¿Qué factores influyen en la disposición a innovar en la agricultura protegida? ¿Cuáles son los principales factores que influyen en la eficiencia en el uso y adopción de innovaciones relacionadas con la generación de valor?
3. ¿Cómo están configuradas las redes de los agricultores dedicados a la agricultura protegida en Hidalgo, México? ¿Qué influencia o beneficios se obtienen de estas relaciones?

Hipótesis de investigación

De acuerdo a los objetivos y preguntas de investigación planteadas, las hipótesis de investigación son las siguientes:

1. La trayectoria que ha seguido el sistema de producción se dio a través de la acumulación de cambios tecnológico apoyados por las políticas del Estado. La tecnología se introduce y se adapta por agentes innovadores. Las redes que se crean en torno a la agricultura protegida se desarrollan con el objetivo de permitir su permanencia y reproducción. Lo anterior, desarrollado con una fuerte influencia de las relaciones que se establecen con el mercado.
2. Los factores que determinan que se den innovaciones y la eficiencia en su adopción depende significativamente de atributos relacionados tanto al productor como a sus unidades de producción como son: la edad,

escolaridad, experiencia en la actividad, confianza, superficie de producción, rendimiento y el acceso a servicios de extensionismo.

3. Los agricultores crean redes estratégicas que configuran el sistema regional de innovación, mediante las cuales, acceden a más y mejores innovaciones y tienen una influencia positiva en los parámetros técnicos y económicos.

Descripción del contenido de la tesis

Esta investigación se integró a partir de una introducción general y de tres artículos; cada uno de éstos últimos corresponde a un capítulo. La organización y estructura se muestra en la Figura 1 y a continuación se describen brevemente cada uno:

Después de este apartado introductorio, el Capítulo I contiene el Corpus teórico, en el cual se sustentan los resultados presentados y el análisis de los mismos. Los tres capítulos siguientes se estructuraron a manera de artículo, y cada uno de ellos se vincula con el objetivo general de la investigación.

El Capítulo II aborda, desde una visión longitudinal, el análisis de la trayectoria tecnológica que dio origen a la agricultura protegida en la región de estudio (Figura 2). En ese sentido se analiza el liderazgo tecnológico mediante un acercamiento al método genealógico y las redes sociotécnicas que se han creado y reconfigurado a través del tiempo y que son parte del sostén de la agricultura protegida. Es el análisis de la interacción de las dimensiones políticas, económicas y sociales a nivel nacional, regional y local que dieron origen a la agricultura protegida en el territorio. Para la recolección de la información se realizaron entrevistas a informantes clave, encuestas semi-estructuradas a agricultores, recorridos en la región y una exhaustiva revisión documental (Figura 3).



Figura 1. Contenido y estructura de tesis.

En el Capítulo III, se identifican los factores que explican la adopción de innovaciones a nivel de agricultor. Lo anterior se hizo mediante el desarrollo de una regresión lineal múltiple, para ello se aplicaron 59 encuestas semi-estructuradas a los agricultores. Además, como parte de los resultados obtenidos se identificaron algunos factores que pueden explicar las asimetrías observadas en el referente empírico; por ejemplo, el hecho de que algunas agricultores sean más eficientes que otras en el uso y adopción de innovaciones relacionadas con la obtención de mayores ingresos. La información presentada en este apartado se obtuvo mediante un análisis estadístico de conglomerados jerárquicos que se realizó con la información proporcionada por cincuenta y ocho agricultores de la región.

En el Capítulo IV, y con la intención de explorar la configuración del sistema regional de innovación y medir el efecto de los vínculos que se crean entre los distintos agricultores, se analizaron las interacciones que se establecieron entre

los actores por medio del análisis de redes sociales (ARS), con la finalidad de proponer alguna estrategia de intervención para el desarrollo regional. Para su análisis se recurrió al uso de Software especializado, tal como UCINET© y Gephi© y para evaluar el efecto de las redes se realizaron correlaciones del número de vínculos con las características de los agricultores y de sus unidades de producción.

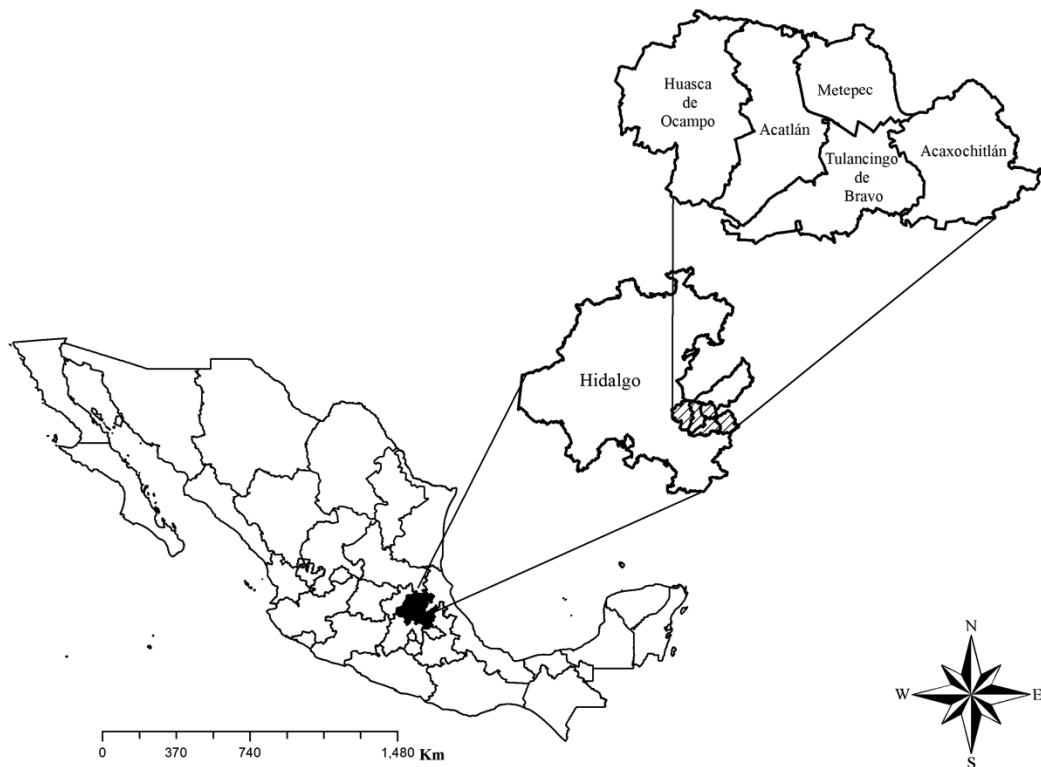


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.

En el penúltimo apartado del presente documento se exponen las conclusiones prospectivas, mismas que integran las implicaciones de los principales hallazgos logrados en los capítulos anteriores. De igual manera, se discuten algunas de las implicaciones observadas a lo largo de la investigación, todas relacionadas con las posibles tendencias que podría seguir la agricultura

protegida en el mediano y largo plazo. También, se abordan ciertas recomendaciones para futuras investigaciones.

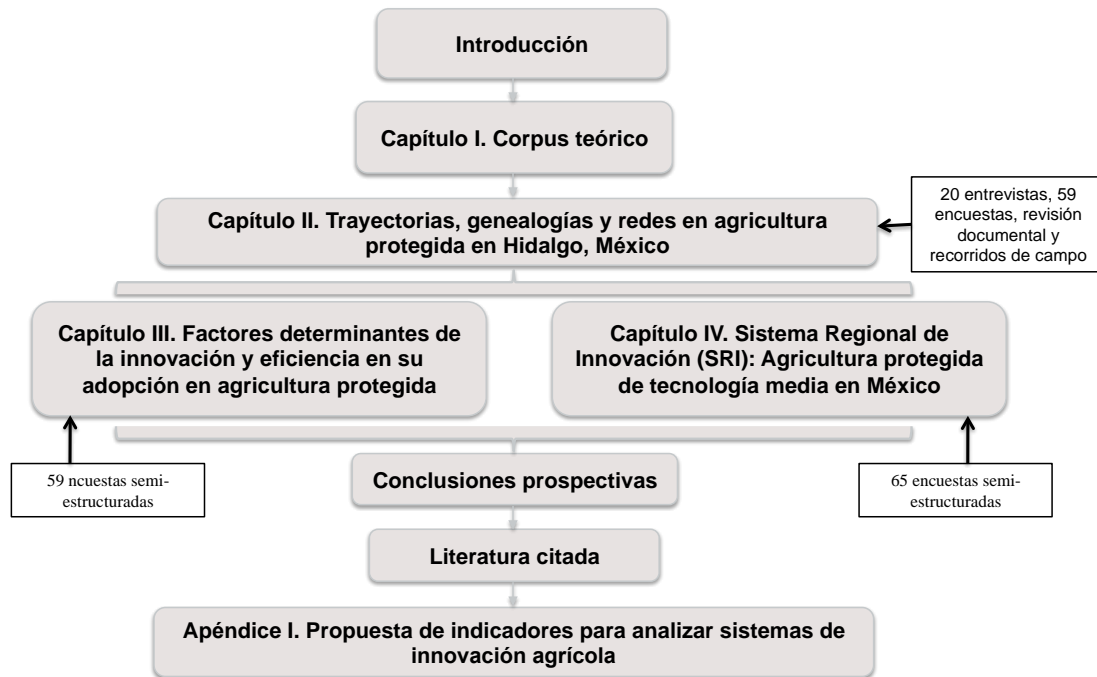


Figura 3. Fuentes de información de cada capítulo.

Por último, se presenta un Apéndice Metodológico, con base en los capítulos anteriores, donde se propone un conjunto de indicadores que permitan evaluar el comportamiento de la innovación en pequeñas y medianas empresas de agricultura protegida.

CAPÍTULO 1. CORPUS TEÓRICO

Prolegómeno del capítulo

En este primer capítulo se presentan de manera general las categorías teóricas utilizadas en esta investigación (Cuadro 1), aunque cabe señalar que en los capítulos que se referencian como artículos se incluyen otros conceptos que por su funcionalidad en estos apartados se definen; por lo tanto es en este capítulo donde se formula una visión general de los enfoques teóricos que se consideran más importantes y que le dan sentido al documento en su conjunto. En este sentido, se vincula a la teoría económica y la sociología de la tecnología. Esta vinculación conceptual es la guía de todo el proceso ulterior de trabajo, misma que permitió estructurar un referente teórico que facilitó el análisis del objeto de estudio.

Con relación a lo anterior, el proceso de construcción de conocimiento científico ha estado signado por la hegemonización de teorías, surgimiento de enigmas y anomalías en las teorías, crisis de éstas, surgimiento de otras que plantean soluciones a las anomalías y ascensión de una de ellas al sitio que ocupaba la anterior (Covarrubias-Villa, 2010).

Kuhn fue el primero en plantearlo en la década de los sesenta (Kuhn, 2004), para él las teorías se convierten en paradigmas mediante un proceso gradual que incorpora y crea las categorías, conceptos, instrumentos, etcétera, que permiten explicar un fenómeno hasta llegar un momento en el cual todos sus espacios poseen forma y contenido.

Cuando una teoría está por completar su paradigmización, se inicia el surgimiento de una nueva que permite pensar y analizar de otras formas, en ocasiones, impensables desde la teoría anterior, con lo que se inicia un proceso enérgico de cambio que acaba en un nuevo paradigma. Es decir, la teoría que logra convertirse en hegemónica vive un proceso intenso de desarrollo que hace que rápidamente se incorporen nuevos conceptos, categorías y conocimiento sustantivo. Entre más completo sea éste, mayor es la posibilidad de percepción de anomalías en su interior. Entre más se acerca una teoría a su

integración total, mayor es el número de anomalías percibidas (Covarrubias-Villa, 2010) y más próximo se encuentra el desarrollo de un nuevo paradigma.

Esto no significa que la nueva teoría remplace a la anterior por haberla superado, sino que se trata de procesos que se están desarrollando de manera continua y de forma paralela. A su vez, la adscripción a una nueva teoría y el abandono de la asumida antaño, no necesariamente se da porque la nueva muestre un cuerpo teórico o epistemológico superior en su contenido epistolar. Las teorías se abandonan por la actitud de los investigadores por asumir determinada racionalidad y no, necesariamente, por el convencimiento de la superioridad de la otra. Finalmente, asumir una perspectiva gnoseológica específica permite renovar la percepción de determinados aspectos de la realidad y no de otros.

Derivado de lo anterior y considerando la complejidad de los fenómenos, para la presente investigación se consideró elaborar, en vista de que existe cierta convivencia de paradigmas, un *corpus teórico* que desde una perspectiva dinámica permita explicar de manera más precisa el comportamiento del objeto de estudio, ante la posibilidad de poder incorporar elementos de distintas teorías que se complementen, logrando con esto mayor flexibilidad de análisis.

En ese sentido, en este capítulo se presentan los enfoques teóricos que permitieron funcionalizar los planteamientos teóricos y conceptuales de acuerdo con el referente empírico planteado, de ahí que se parta para su elaboración del análisis sociológico y económico de la tecnología, el cambio tecnológico y la innovación en el sector rural, aspectos que a continuación se describen.

1. 1. Enfoque territorial y región

El concepto de territorio y región al igual que todos los conceptos han evolucionado a través del tiempo con influencia de distintas disciplinas (Economía, Sociología Geografía, Antropología, etcétera). Lo anterior dio lugar a importantes cambios teóricos que a su vez ocasionan dificultades

metodológicas en su uso. De ahí que para su análisis es necesario recurrir a distintas propuestas metodológicas que se abordan a continuación.

El territorio es un concepto teórico y metodológico que explica y describe el desenvolvimiento espacial de las relaciones sociales que establecen los seres humanos en los ámbitos cultural, social, político o económico (Llanos-Hernández, 2010). Para Lefebvre (1991) el territorio hay que entenderlo como una construcción social, fruto de la interacción dinámica entre el modo de producción, las relaciones sociales y políticas y las construcciones simbólicas, lo cual configura las relaciones de poder y dominación en sus diferentes formas.

A diferencia del pensamiento reduccionista que trata de explicar la realidad mediante la fragmentación del conocimiento, el enfoque territorial aborda su estudio suponiendo que aquélla es resultado de un proceso histórico-social, donde se sintetizan y entrecruzan múltiples dimensiones y escalas espaciales, que interactúan entre sí (Damián *et al.*, 2007).

Para Lefebvre (1991), el estudio del territorio están organizados en tres puntos: a) las prácticas espaciales que explican las formas como las personas son productores y producto de su propio espacio, mediante la ejecución de múltiples actividades productivas con el propósito de reproducir los componentes y relaciones constitutivas de la sociedad; b) las representaciones del espacio describen las relaciones de producción, sus códigos, conocimientos y símbolos, que están vinculados con las instituciones; y c) las representaciones sociales (ritos, mitos, leyendas, símbolos, conocimientos) que las personas tienen de una realidad que los trasciende y orienta su vida cotidiana.

Para Mazurek (2012), el análisis del territorio se centra en el espacio geográfico, las transformaciones que se dan en el tiempo, el análisis de los actores (tipo, lógica y estrategias), las interacciones, los símbolos de apropiación y acción (el paisaje) y las estructuras que van desarrollando.

En resumen, para operativizar la metodología del enfoque territorial (Figura 4) es necesario recurrir a el análisis de elementos básicos que permitan comprender la dinámica de desarrollo dentro de un territorio o región.

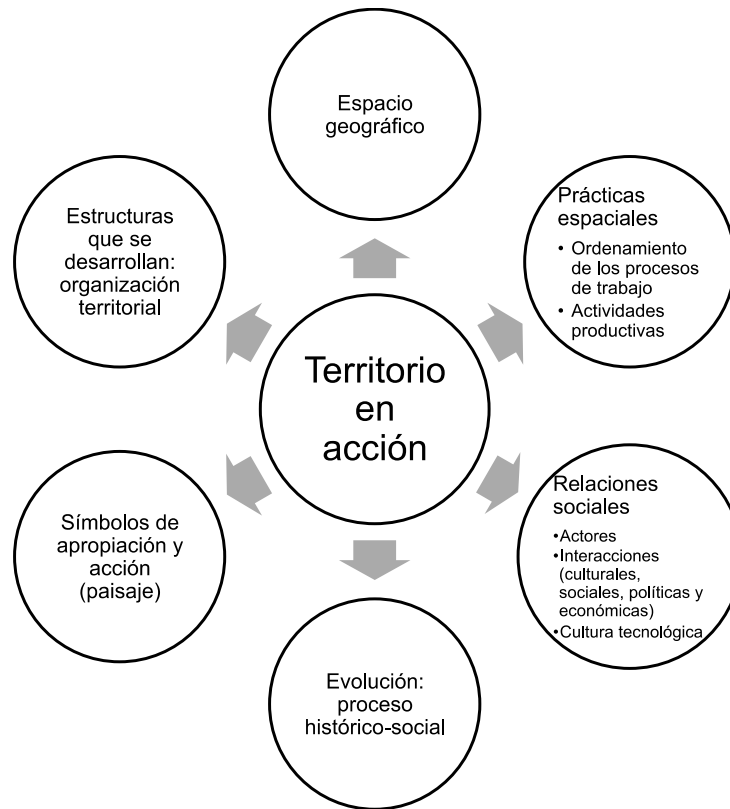


Figura 4. Elementos metodológicos del enfoque territorial.

Elaboración propia con base en Damián *et al.*, 2007; Lefebvre, 1991; Llanos-Hernández, 2010; Mazurek, 2012; Montañez y Delgado, 1998.

Por otra parte, la región se vincula más a una división espacial definida con el objetivo de plantear estrategias de intervención o políticas públicas. Se tiende a definir a la región como una organización política territorial dotada de personalidad (Boisier, 1988); es decir, conceptualmente se entiende a la región como un “ente político-administrativo moderno” (Taracena, 2008).

Así mismo, una región significa la división de espacios homogéneos, o bien, grandes paisajes naturales o regiones fisiográficas. También, se relaciona con el vínculo del entorno natural y la acción social de los seres humanos (Llanos-Hernández, 2010). No obstante, existe una diversidad de acepciones y de conceptos de la geografía y de las ciencias sociales sobre la definición de una región.

En definitiva, la delimitación del concepto de región y de los métodos y objetivos que se utiliza y persigue con su estudio es un tanto ambigua. De ahí, que sea el propio investigador quien delimita y crea su espacio de estudio de acuerdo con unos criterios derivados de la finalidad científica propuesta (Urrestarazu, 1989). En ese sentido, en la presente investigación a la región de estudio se le definió a partir del espacio donde se da la mayor concentración de la agricultura protegida en el estado de Hidalgo y su estudio se realiza desde la perspectiva del enfoque territorial.

1. 2. La tecnología desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)

En la actualidad la concepción artefactual o instrumentista de la tecnología es la visión más arraigada. Se considera que las tecnologías son simples herramientas o dispositivos construidos para una diversidad de tareas (González, López, y Luján, 1996). Se trata de una idea según la cual la tecnología tiene como resultado productos de naturaleza material, que se manifiestan en los artefactos tecnológicos considerados como máquinas. Es decir, lo tecnológico sería lo relativo a la moderna producción de bienes materiales que la sociedad demanda (Osorio, 2003).

Esta imagen artefactual implica separar a los objetos tecnológicos de su entramado social donde se desarrolla. Bajo esta perspectiva, se considera que las tecnologías son productos neutros, y sólo responden a criterios de la utilidad y eficacia y nada tendría que ver con los sistemas sociopolíticos de una sociedad.

Pues bien, de no ser porque es posible hacer otra lectura de los mismos objetos, caeríamos en esta ingenuidad de tono acrítica, por muchos compartida, al ignorar que la tecnología es un sistema de acciones en donde se plasman intereses sociales, económicos y políticos de aquellos que diseñan, desarrollan, financian y la controlan (Osorio, 2003). Lejos de ser neutrales, nuestras tecnologías dan un contenido real al espacio de vida en que son aplicadas, validando ciertos fines, negando e incluso destruyendo otros (Winner, 1979). En

ese sentido, es necesario considerarla también, un sistema que integra conocimientos, procesos organizativos, valores y representaciones culturales, así como elementos técnicos, y tal definición se aplica para sistemas naturales como sociales.

Otro aspecto importante es que la tecnología está lejos de ser neutral, dado que tiene un contenido social y se corresponde a una manera particular de entender el mundo, por tal motivo, el desarrollo y la incorporación de la tecnología dependen de las bases sociales y políticas de una sociedad determinada. Esto explica que en la generación de nuevas tecnologías siempre se presenten crisis y tensiones (Cáceres, Silvetti, Soto, y Rebolledo, 1997). Además, como lo menciona Reddy (1979), la tecnología lleva el código de la sociedad en la que fue desarrollada y cuando existen las condiciones favorables tiende a replicar la sociedad que le dio origen.

El hecho de mantener la idea de tecnología artefactual y neutral convierte a los expertos, científicos e ingenieros, en actores que detentan el derecho a decidir lo que es tecnológicamente correcto y objetivo, dejando por fuera la participación de la comunidad en toda decisión tecnológica (Osorio, 2003).

El concebir la tecnología como un sistema es un criterio de relación y de coherencia, más no de relaciones lineales. Esta coherencia se expresa en la materialidad de los objetos y procesos; en sus condiciones de elaboración; en sus efectos y usos. Su carácter sistémico permite relacionar a individuos y los grupos entre sí (productores, consumidores, participantes del intercambio), los agentes (individuales o colectivos), los materiales y medios disponibles y los fines a desarrollar (Seris, 1994).

En este sentido, dado que la tecnología está basada en los valores de la sociedad que la genera es importante tener en cuenta que, cuando se transfieren tecnologías; se transmite formas culturales, modos de relación humana, etcétera (Herrera, 1978). Bajo tal consideración, la extrapolación de tecnología de una sociedad a otra, confronta a la cultura emisora y receptora dado que sus intereses pueden no ser coincidentes, lo que genera la posibilidad

de que aparezcan conflictos sociales. En este proceso, el que una tecnología prevalezca no depende únicamente de su eficiencia y racionalidad (Cáceres *et al.*, 1997) sino del poder del grupo social que la proponga (Pinch y Bijker, 1984). En síntesis el conocimiento científico puede generar varios tipos de tecnología pero la tecnología que se adopte es aquella que está de acuerdo con los valores de la sociedad que la produce (Herrera, 1978) o por lo menos con una parte de ella que los comparte y que tiene una posición de poder sobre los otros sectores sociales. En este sentido, dados los efectos que la tecnología tiene sobre las sociedades donde se implementa es indispensable esclarecer la forma en que se da la creación, difusión y evaluación de la tecnológica.

1. 3. Cambio tecnológico e innovación

Para entender y explicar el cambio tecnológico y la innovación, es necesario combinar la teoría económica y sociológica. La presente investigación se centró en algunas teorías recientes, que tienen la relevancia para el análisis de la tecnología y contrastan con las teorías económicas tradicionales.

La economía dominante tiende a tratar la tecnología como una variable exógena, que no tiene que ser estudiada en sí. Cuando se incluye el cambio tecnológico en el análisis económico, se trata de manera abstracta, como una abreviatura para cualquier tipo de cambio en la función de producción. En otras palabras, si el crecimiento económico no puede ser explicado por otras variables económicas (que lo es, por definición), después de contemplar los efectos del trabajo y el capital, se le atribuye al cambio tecnológico (Rip y Kemp, 1998).

Desde este punto de vista la tecnología y su análisis tiende a centrar la atención en el artefacto y en quien introduce la nueva tecnología, haciendo hincapié en la tecnología como una novedad o nuevas combinaciones (Schumpeter, 1974). Sin embargo, haciendo hincapié en el artefacto y en quien la introduce se corre el riesgo de no comprender el entorno social en el que se desarrolla. Los tecnólogos (en una actitud típicamente modernista) tienden a ver a su entorno

sólo en términos de oportunidades y limitaciones. Pero, de hecho, el entorno social tiene su propia dinámica, y es quien lo ha configurado para que brinde esas oportunidades. Por lo tanto, los aspectos estructurales del entorno de las tecnologías, los sistemas existentes y aspectos sociotécnicos deben tenerse en cuenta (Rip y Kemp, 1998).

Dentro de la economía dominante ha habido dos intentos de endogeneizar el cambio tecnológico: la teoría de la innovación inducida desde los años 1960 (Binswanger, 1974; Kamien y Schwartz, 1968) y la nueva teoría del crecimiento de los años 1980. En los modelos de innovación inducida, suponen que el cambio tecnológico surge para responder a los cambios en los precios y se orienta a economizar el uso de un factor que se ha vuelto relativamente caro. Los investigadores han representado a las oportunidades tecnológicas como una función de la posibilidad de innovación (o frontera), con tasas alcanzables especificadas del factor de aumento (Stoneman, 1983).

En los modelos de crecimiento endógeno, el cambio tecnológico se deriva de la investigación (I+D) y la acumulación de capital humano, y se modela como una variable de valores, con los efectos secundarios de otros factores de producción (Lucas, 1988; Romer, 1986; Verspagen, 1992). Estos modelos del cambio tecnológico sólo se explican por los incentivos que tienen las empresas en términos de obtener ganancias económicas.

Nelson y Winter (2009) y otros economistas han trabajado en una dirección diferente sobre como endogenizar el cambio tecnológico. Sus teorías son una alternativa a la economía neoclásica (Dosi, 1988). Nelson y Winter desarrollaron una imagen dinámica de las empresas y una teoría evolutiva del cambio económico en el que se ha introducido la teoría evolutiva del cambio tecnológico.

El punto de partida de la teoría evolutiva es la incertidumbre (Nelson y Winter, 1977). Las empresas no saben con anterioridad que la tecnología será un éxito. Incluso carecen de la posibilidad de comprobar otras alternativas tecnológicas y, como consecuencia, su comportamiento no puede ser entendido en función

de la optimización y maximización de las utilidades. En cambio, las empresas tienen ciertas rutinas de búsqueda y experimentación. Estas rutinas producen nuevos hallazgos que son vistos como variaciones, similares a las mutaciones biológicas, que les permiten tener éxito o no en un entorno de presión. El entorno de presión no solo incluye el mercado, sino también las estructuras institucionales, históricas y territoriales.

Además, dentro de las empresas, los procesos de búsqueda también son orientados por paradigmas tecnológicos (Dosi, 1982), o hitos tecnológicos (Sahal, 1981), que están disponibles en el sector o en las comunidades científico-tecnológicas. Esto indica la necesidad de las explicaciones sociológicas a las teorías económicas sobre el cambio tecnológico.

Las teorías sociológicas incluyen dos tipos: las teorías cuasi-evolutivas, siguiendo a Nelson y Winter, que toman los procesos de búsqueda, como punto de partida; y las teorías sociotécnicas que se centran en configuraciones y sus funcionamientos. Éstas son compatibles entre sí y también se complementan, en lugar de contradecirse.

En el enfoque cuasi-evolutivo (Rip, 1992; Schot, 1992; van den Belt y Rip, 2012), las prácticas de búsqueda que conduce a las opciones tecnológicas, artefactos o habilidades transferibles se relacionan con investigaciones de una organización, de una comunidad de profesionales, o en una red de instituciones. La variación no es aleatoria, es guiada por la investigación.

En este sentido, la correcta selección aumenta las posibilidades de supervivencia. Esto se expresa en la creación de nicho o espacios protegidos (clústeres), en el que las empresas pueden sobrevivir más fácil y son más exitosas. La variación y la selección puede llegar a ser institucionalizada, y ajustada en laboratorios de pruebas (van den Belt y Rip, 2012). Por lo que, los procesos de coevolución se canalizan por las alianzas y redes que se establecen entre ellos.

En las teorías sociotécnicas, la construcción, el mantenimiento y la expansión de las configuraciones en que opera las tecnologías son el punto de partida del

análisis, con el debido reconocimiento a la función necesaria y complementaria del medio ambiente. Hughes (2012 y 1983), en su estudio de las redes de energía eléctrica (redes en el sentido de artefactos vinculados), ha demostrado cómo los constructores configuran una red, así como los elementos tecnológicos con el fin de comprender el entorno del sistema. Un hallazgo interesante es que la red de constructores (o sistema) son diferentes en las diferentes fases de desarrollo: inventor-empresarios, ingeniero-empresario y financiero-empresarios. En paralelo, una lógica inherente del sistema se desarrolla, con un impulso hacia la expansión, y la necesidad de superar los obstáculos con la expansión.

El enfoque sociotécnico se ha utilizado para abordar las cuestiones contemporáneas de los sistemas tecnológicos de gran tamaño (Mayntz y Hughes, 1988), por ejemplo para comprender el funcionamiento de redes de telecomunicaciones (Schmid y Werle, 1992). Stankiewicz (1992) sostiene que un cambio significativo se produjo en la década de 1980 a partir de la concebir a la tecnología como sistemas concretos locales y como un sistema sociocognitivo mundial en sí mismo. La actividad tecnológica es cada vez más autorreferencial; las prioridades son cada vez más originadas por las necesidades del sistema mundial que de los sistemas locales.

Un interés similar en la dinámica sociotécnica de actores heterogéneos se da en la llamada teoría del actor-red. Los estudios de casos se centran en las interacciones entre los actores y la evolución de las redes sociotécnicas (Callón, 1986; Latour, 1996; Law, 2012; Mangematin y Callon, 1995). Recientemente, el enfoque ha sido utilizado para desarrollar instrumentos para el análisis estratégico y la formulación de políticas (Callon, Laredo, Rabeharisoa, Gonard, y Leray, 1992).

La ventaja de combinar el enfoque evolutivo, las explicaciones cuasi-evolutivas y sociotécnicas es que, son especialmente flexibles, para entender el comportamiento de la tecnología, el cambio tecnológico y la innovación en el entorno, en este caso desde la perspectiva territorial (Damián *et al.*, 2007).

1. 4. Orígenes y enfoques de la innovación

1. 4. 1. Enfoque neoclásico de la innovación

El economista austriaco Joseph A. Schumpeter, en su libro *Teoría del desenvolvimiento económico* (Schumpeter, 1969), distingue entre inventos e innovaciones: los inventos son diseños de nuevos objetos o de procedimientos para producirlos, e innovaciones son bienes generados por nuevas combinaciones de medios productivos que se venden en los mercados.

Schumpeter (1969) ubica tres actores en el sistema de innovación neoclásico. El primero tiene que ver con el inventor, quien combina conocimiento tecnológico con habilidades prácticas para diseñar objetos útiles o proponer técnicas productivas que usen menos recursos, por lo que las innovaciones se basan en diseños existentes o en propuestas técnicas disponibles. El segundo actor es el empresario, quien pone en práctica los métodos que transforman diseños en productos y, de forma análoga, técnicas en procesos productivos. El inventor actúa, en primer término, por el gusto de crear o de descubrir y luego por el interés de obtener un ingreso con base en su invento.

El empresario se guía, primero, por el afán de obtener una ganancia extraordinaria, aquella que es mayor que el ingreso que resulta de organizar rutinariamente la producción. La capacidad de comprar cualquier mercancía proviene siempre de disponer de dinero. Aparece así en escena el tercer actor schumpeteriano, el banquero. Es aquel individuo que está dispuesto a correr el riesgo de prestar su dinero para que otro lo use, dando paso a un proceso lineal que se ilustra en el siguiente esquema:



La interacción de estos tres actores fue uno de los primeros marcos conceptuales desarrollados para comprender la relación de la ciencia y la tecnología con la economía y contribuyó a la formación del *modelo lineal de innovación*.

1. 4. 1. 1. Modelo lineal de la innovación (CTI)

Suele denominarse *modelo CTI* (Ciencia, Tecnología e Innovación) y se fundamenta en la idea de que el conocimiento científico-tecnológico es la fuente principal de innovación, sobre todo en el caso de las innovaciones de ruptura, por ejemplo las Tecnologías de la Información y la Comunicación, las biotecnologías y las nanotecnologías. Esto da como resultado que el modelo CTI sea el dominante en la mayoría de los sistemas nacionales de I+D+i³, pues éstos, dice Echeverría (2010), plantean el fomento de la innovación como objetivo último y aceptan que la investigación científica y los avances tecnológicos son los medios principales para ello. Por lo tanto, el fin es la innovación, los medios son la investigación y la tecnología. Sin embargo, el funcionamiento exacto del modelo lineal de innovación sigue siendo confuso y nebuloso.

Godin (2006) menciona que generalmente se piensa que dicho modelo proviene directamente del contrato científico que estableció el paradigmático documento *The Endless Frontier* (1945) redactado por el Director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico, Vannevar Bush, a petición expresa del presidente Roosevelt en 1944⁴. La propuesta de Vannevar Bush al presidente Roosevelt se sustenta en buscar la interrelación adecuada entre los distintos actores que dan lugar a la innovación tecnológica, según el diagrama siguiente:

Investigación básica → Desarrollo → Difusión de la ciencia

³ La I se refiere a la investigación científica y tecnológica, por su parte la D al desarrollo de tecnologías y productos y la i en minúscula se refiere a la innovación resultante, (I+D+i).

⁴ En el documento, Roosevelt solicita a Bush que se encargue de elaborar una agenda para contestar a cuatro preguntas fundamentales, de las cuales una de ellas hace referencia a los sistemas de innovación e investigación: ¿Qué puede hacer el gobierno hoy y en el futuro para apoyar las actividades de investigación encaradas por organizaciones públicas y privadas? Las preguntas van relacionadas a contestar qué acciones deben tomarse en cuenta con respecto a la seguridad militar, la guerra contra la enfermedad, la investigación y el fomento del talento científico en la juventud. Para más detalles puede consultarse el documento: Ciencia, la frontera sin fin (Bush, 1999).

Ciencia → Tecnología → Valores humanos

La linealidad del proceso de los actores shumpeterianos da como resultado un modelo I+D+i. Godin (2006) menciona que los antecedentes de tal visión se encuentran en la retórica de los dirigentes industriales. Carty, vicepresidente de la American Telephone and Telegraph, en 1924, quien hablando ante la Cámara de Comercio de Estados Unidos, proclamó:

“El futuro de los negocios, el comercio y la industria depende del progreso de la ciencia”. Para Carty, la ciencia se compone de dos tipos: pura y aplicada. Para él, los científicos puros son “la vanguardia de la civilización”. Por sus descubrimientos, que proporcionarán al ingeniero y al químico industrial y a los demás trabajadores de la ciencia aplicada la materia prima para elaborar sus propias agencias para la mejora de la humanidad, para el avance de nuestro negocio, la mejora de nuestras industrias, y la extensión de nuestro comercio (Carty, 1924).

Godin (2006) enfatiza que a partir de tales discursos y pensamientos surge el interés de los industriales, consultores y académicos de las escuelas de negocios, que comenzaron a estudiar la investigación industrial y los procesos de innovación; mismos que a partir de las décadas de 1940 y 1950 comienzan a elaborar modelos de desarrollo de la innovación. Los modelos, por lo general eran ilustrados con diagramas, la investigación presentada como una secuencia lineal o proceso que comienza con la investigación básica, para después pasar a la investigación aplicada, y luego al desarrollo. La primera descripción completa y la mayor parte de este modelo vino de R. Stevens, vicepresidente de Arthur D. Little, y fue publicada en *The United States National Resources Planning Board Report* bajo el título *Research: A National Resource* en 1941. Stevens (1941) identificó varias etapas por las que atraviesa la investigación en la industria hasta alcanzar la innovación:

1. Investigación fundamental
2. Investigación aplicada

3. Prueba-ensayo o investigación de laboratorio
4. Planta piloto
5. Producción
6. Mejoramiento
7. Resolución de problemas
8. Control técnico de los procesos y la calidad

Como podemos observar, la investigación fundamental se convierte en la primera fase de cualquier modelo que busque generar nuevos procesos o productos y las decisiones se toman para seguir en orden la lista de actividades. Para que dicho conocimiento sea puesto en valor y genere innovaciones, Echeverría (2010) menciona que la intervención de las empresas resulta necesaria, porque ellas son las que establecen los avances científico-tecnológicos y los convierten en productos que tienen (o no) éxito en los mercados. Por tanto, es preciso que el conocimiento científico y tecnológico sea transferido a las empresas, por ser éstas el agente innovador por excelencia.

En este sentido, el pensamiento neoclásico define la empresa como una entidad técnica, cuya principal actividad es transformar inputs (factores) en outputs (productos) y, al ser dirigida por un empresario racional, procura la maximización del beneficio en la asignación eficiente de los recursos escasos.

Al privilegiar el problema de la escasez, el interés neoclásico se centra en el análisis de las decisiones de la empresa, para alcanzar la eficiencia económica; asimismo, en la teoría neoclásica de la empresa, lo importante es cómo ésta elige los niveles de inputs y outputs para lograr la maximización del beneficio.

En los últimos años, Echeverría (2010) afirma que puede haber agentes innovadores en el sector público, dicho papel se atribuye ante todo a las empresas, los cuales han pasado a ser agentes decisivos en los sistemas de I+D+i, con un peso mayor que las tradicionales comunidades científicas y tecnológicas, aunque éstas siguen teniendo una influencia y una capacidad de presión que se observan a mayor detalle en el modelo de innovación evolucionista.

1. 4. 2. Enfoque evolucionista de la innovación

El enfoque evolucionista considera el cambio tecnológico, no como proceso de elección racional, que asume la tecnología como algo que no requiere ser explicado, sino como el producto del proceso de variación y selección. En este mismo sentido Winter (1991) indica que la evolución es, fundamentalmente, un proceso de acumulación de información con retención selectiva.

En el enfoque evolucionista se reconoce la racionalidad limitada de los agentes económicos⁵. Consecuentemente, la sucesión de acontecimientos históricos puede influir en el presente y en el futuro (fenómenos de dependencia histórica), y los individuos, las empresas, las instituciones y las regiones evolucionan generando trayectorias diferentes. Los economistas evolucionistas conciben el cambio tecnológico como un proceso de adaptación en el que se está realizando constantemente pruebas de ensayo y error (variación y selección).

Desde la economía evolucionista, la tecnología como información, conceptualizada en la función de producción, realmente no es un bien público, existen límites en la información debido al conocimiento tácito que algunos agentes utilizan para el desarrollo de productos y procesos, a la protección del conocimiento por medio de patentes, derechos de autor y secretos industriales.

Desde la óptica evolucionista el conocimiento es la materia prima de la innovación. Además, las tecnologías de las empresas, en muchas ocasiones, son el resultado de la acumulación de cambios incrementales originados en el aprendizaje tecnológico y en las actividades de investigación y desarrollo (I+D) en los laboratorios industriales. El componente público de la información está en el conocimiento de las ciencias naturales, sistematizado en revistas, libros, y

⁵ Los agentes están dotados de una serie de capacidades, habilidades y conocimientos, y tienen que aprender para adaptarse a su entorno. En todo momento, los agentes deciden en función de sus capacidades y de su entendimiento del mundo, que a su vez depende de sus experiencias pasadas, de su aprendizaje y de las capacidades y habilidades del pasado.

socializados por universidades y centros de investigación.

La economía evolucionista pone de manifiesto la importancia de la información y, en particular, del conocimiento en las empresas. El enfoque neoclásico presupone que éstas tienen acceso a una información perfecta y a un costo mínimo o nulo. Si ello no fuera así sería por la existencia de fricciones en el funcionamiento de los mercados; el mundo real es, según los neoclásicos, una desviación de un mundo ideal sin fricciones. En el enfoque evolucionista, en cambio, no se toma como referente la información perfecta. David (1975) menciona que el conocimiento se considera un envolvente continuo y dinámico que se expande constantemente y en el que las empresas ocupan diferentes espacios. Los autores evolucionistas plantean que para que una empresa pueda producir un determinado producto se requiere cierta cantidad de información y ésta debe optimizarse al reducir sus necesidades con el objetivo de incentivar su transferencia mediante instrumentos que permitan manipulación y almacenaje.

Los avances en estas dos direcciones impulsan el proceso de adaptación de las empresas al entorno. A medida que las empresas evolucionan se producen cambios en los organigramas para que la calidad de la información no disminuya. Una categoría de la información que desempeña un papel central en la empresa es el conocimiento local o específico del que ésta disponga. Se debe distinguir entre conocimiento local y conocimiento científico. El primero es específico de cada empresa e incompleto, mientras que el segundo se encuentra al alcance de cualquier organización siempre que ésta disponga de medios para conseguirlo.

El conocimiento local se materializa por medio de rutinas y reglas, se adquiere mediante el aprendizaje o *learning by doing and using*. Estas rutinas y reglas se consideran válidas en la medida en que con ellas se pueden conseguir los objetivos propuestos y sólo se modifican cuando dejan de ser eficaces. Poner en práctica nuevas actividades y procesos por parte de la empresa requiere estar en posesión de capacidades y habilidades específicas también nuevas. La

adquisición de nuevas capacidades es un proceso complejo y gradual en el que las capacidades previas constituyen la plataforma para adquirir las nuevas⁶. De ahí que el conocimiento local junto con los cambios tendenciales y bruscos en los precios relativos de los factores desempeñe un papel determinante en la adopción de nuevas tecnologías en el ámbito de la empresa.

Las empresas nunca ocupan los mismos espacios de conocimiento, cada una dispone de su propio conocimiento local, de manera que dos empresas aparentemente iguales, en las mismas circunstancias, pueden adoptar estrategias distintas. Esta variabilidad de conductas garantiza la supervivencia de una determinada industria en momentos de crisis aunque no la de cada una de las empresas que la componen. La variabilidad aumenta la probabilidad de que algunas empresas descubran estrategias de éxito. De esta manera la variación y selección se convierten en procesos complementarios dentro del enfoque evolucionista. Así, en el esquema evolucionista, el conocimiento científico o ciencia puede entenderse como un sistema complejo de creación e intercambio de información entre miembros de determinadas comunidades científicas que cooperan y/o compiten entre sí⁷. La tecnología, según Broncano (1995) se entiende como aquel conjunto de actividades o sistemas de acciones socialmente estructuradas, integradas en los procesos productivos industriales y estrechamente vinculadas al conocimiento científico.

En suma, podemos observar que cuando la ciencia construye nuevos conocimientos, plantea nuevos retos y permite descubrir oportunidades tecnológicas no detectadas hasta entonces. Mowery y Rosenberg (1999) mencionan que estas oportunidades desarrolladas en el ámbito de la empresa, terminan concretándose en nuevos productos siguiendo la secuencia:

⁶ Esta idea tiene su origen en los trabajos iniciales de H. Simon y en los de R. Cyert y J. G. March en los que se señala que el conocimiento inicial facilita el aprendizaje de conocimiento nuevo y relacionado.

⁷ Esta caracterización nos recuerda que también la ciencia es una actividad social guiada no por teorías sino por paradigmas científicos que son maneras particulares de ver el mundo y practicar la ciencia.

experimento de laboratorio, planta piloto, producción a gran escala. Sin embargo, el conocimiento tácito, logrado por el aprendizaje interno de la empresa y el protegido, no está disponible en el conjunto de posibilidades de la empresa. Estas observaciones permiten el rechazo de la función de producción como construcción teórica del estado del conocimiento tecnológico, y del supuesto de perfecta información. La empresa tiene conocimiento detallado de la tecnología que usa; si por alguna razón ésta tiene que cambiar de tecnología, debe buscarla, fenómeno que implica costo y la no certeza de adquirir la óptima.

Bajo esta óptica las necesidades empresariales necesitan modelos para sopesar las problemáticas. Nelson y Winter (2009) sintetizan una serie de hipótesis que debe cumplir un modelo de empresa:

1. Las empresas requieren generar un beneficio suficiente para satisfacer los objetivos de todos los colectivos de la empresa.
2. Se considera que los rendimientos de la función de producción son constantes y en consecuencia se utilizan tecnologías de coeficientes fijos. Se rechaza por tanto el supuesto de rendimientos decrecientes y las funciones de producción neoclásicas de sustitución entre factores de producción.
3. La información y el conocimiento no están disponibles para la empresa a un costo cero. Las empresas disponen de su propia dotación de conocimiento o conocimiento local.
4. Cambios en la información y en el conocimiento pueden conducir a cambios en la organización de la empresa. El proceso de selección, que elimina la diversidad, se combina con el de mutación, que la aumenta.

Las anteriores hipótesis nos dicen que el enfoque evolucionista rechaza la idea de mercado perfecto en que opera la empresa, señalando la heterogeneidad existente en el sistema (diversidad de empresas, de tecnologías, de productos, de comportamientos), y existen además mecanismos que garantizan la generación constante de nueva diversidad (innovaciones). En paralelo, tienen

lugar procesos de selección endógenos en el sistema, que contribuyen a crear orden en el mismo⁸.

Más aún, frente a la disciplina del concepto de mercado perfecto, el propósito de toda innovación es justamente conseguir un desequilibrio en el mercado, proporcionando un monopolio temporal para el innovador, antes de que los imitadores saturen el mercado. La selección de técnicas no ocurre sobre un conjunto de posibilidades de producción, como lo supone el enfoque neoclásico, sino sobre las ya existentes y conocidas por el empresario: sobre las que ya tiene y actúa; la empresa no tiene certidumbre sobre la elección, porque una de las características del cambio tecnológico es la de ser incierto, por ello aleatorio y probabilístico.

La innovación se caracteriza por la incertidumbre de sus resultados como mencionan Nelson y Winter (2009) existe incertidumbre técnica, referida a la posibilidad de logro de los productos y/o procesos; incertidumbre en los mercados, referida a la posibilidad comercial. Los resultados de las innovaciones no se pueden predecir con certeza, éstos son probabilísticos, no deterministas. Esta noción es un elemento adicional que invita a romper con la perspectiva neoclásica. Si la innovación es incierta, la selección no es determinista y la maximización no es posible; existe bastante incertidumbre para ser racional (Dutrénit *et al.*, 2010).

Para los evolucionistas, la adquisición de capacidades tecnológicas e innovadoras se concibe como un proceso acumulativo, en donde el conocimiento juega un papel central⁹, distinguiendo entre conocimiento

⁸ El concepto de orden se contrapone al de caos, y es diferente del de equilibrio, aunque este último puede ser considerado como un caso particular de orden. Se debe resaltar que dichos mecanismos de selección no son el resultado de las acciones de un "juez externo", sino que emergen por la acción agregada de todos los agentes económicos.

⁹ Gibbons *et al.* (1994) nos dice que el conocimiento puede estar explicado en forma codificada o tácita. El conocimiento codificado es el que no necesita ser exclusivamente teórico, pero requiere ser suficientemente sistemático para ser escrito y guardado. Como tal, está disponible para cualquiera que sepa dónde buscar. Por su parte, el conocimiento tácito no está disponible en forma de texto y debe ser observado como el que reside en la mente de quienes trabajan en procesos particulares de transformación o que está incluido o personificado en un contexto

codificado y tácito. Pero mientras que el conocimiento codificado puede almacenarse y transmitirse fácilmente, el tácito reside en las personas y los grupos, y es transmitido mediante la interacción entre individuos: aparece aquí la dimensión espacial del conocimiento, relacionado íntimamente con el aprendizaje social y las economías de aglomeración, que tienen una enorme importancia en el diseño de políticas industriales y tecnológicas¹⁰.

1. 4. 3. Economía de la innovación

El cambio de la economía industrial hacia la economía de la innovación se caracterizó principalmente por la importancia de los activos intangibles, como el conocimiento y la capacidad de innovación, los crecientes niveles de complejidad, la movilidad y la incertidumbre (Voelpel, Leibold, y Eckhoff, 2006). Para este nuevo modelo económico la capacidad de crecimiento y desarrollo se basada en el conocimiento, que es de vital importancia en el entorno (Quinn, 1992).

Tal vez, el cambio más importante fue la evolución de la sociedad hacia una entidad global con un comportamiento en red, ésta situación ha cambiado nuestro mundo en una aldea global; que sufre constantemente cambios socio-culturales dinámicos e impredecibles (Leibold, Probst, y Gibbert, 2002). Esto se traduce en un aumento sin precedentes en la velocidad de innovación, y nuevas formas en cómo se genera, de ahí que algunos investigadores han clasificado

organizacional particular.

¹⁰ Este cambio sustancial ha sido descrito como el resultado de la evolución de la demanda social de producción de conocimiento desde el *Modo 1* hacia el *Modo 2* (Gibbons *et al.*, 1994). El *Modo 1* se caracteriza por la existencia de una escasa conexión entre las necesidades de la sociedad y las orientaciones de las investigaciones científicas. Por el contrario, el *Modo 2* plantea claramente un hecho diferencial respecto del *Modo 1* basado en la idea de que la producción de conocimiento se ha de llevar a cabo con la intención de ser aplicado para resolver las necesidades sociales. Este planteamiento ha tenido una gran repercusión en el ámbito universitario, y ha sido interpretado como la incorporación de una tercera misión (además de la investigación básica y la formación) a los objetivos de las universidades (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000).

esta etapa como la era de la economía de la innovación (Christensen y Raynor, 2003).

En esta dinámica económica es ampliamente reconocido y aceptado el rol protagónico de la innovación tecnológica, en la competitividad empresarial, el desarrollo y crecimiento económico (Olaya, 2008). Y dentro de los principios básicos que sustentan a la empresa moderna están: la capacidad de replicación, la especialización, las recompensas extrínsecas, la integración funcional, la reestructuración, reingeniería de procesos, planificación de recursos empresariales, la sincronización de la cadena de suministro y gestión de relaciones con los clientes (Voelpel *et al.*, 2006).

Mientras que la mayoría de los principios económicos tradicionales de la economía industrial siguen siendo válidos en un sentido limitado y en circunstancias específicas, ahora son insuficientes para hacer frente a la dinámica económica actual caracterizada por cambio disruptivos impredecibles, ya sea en una adaptación o de manera creativa y derivado de esto se han concebido algunos esquemas sobre la capacidad de innovación como son los sistemas de innovación.

1. 4. 3. 1. Sistemas de Innovación

En los últimos años se ha desarrollado una amplia literatura sobre los sistemas de innovación, a partir de los trabajos de Freeman (1995), Lundvall (1992) y Nelson (1993). El enfoque de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) se centra en los actores, las instituciones y sus relaciones, y contribuye a una mejor comprensión tanto de la dinámica intrínseca de la innovación, así como de sus conexiones con los procesos de desarrollo.

La mayor parte de la literatura existente analiza las estructuras institucionales asociadas con el SNI, centrandó la atención en su idoneidad para mejorar el desempeño innovador y la competitividad. Como resultado de lo anterior se generan políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación que se centran en la mejora de la innovación (Dutrenit y Sutz, 2014).

El primero que impulsó a los economistas que han desarrollado actualmente el tema de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) fue Friedrich List, en su libro *The National System of Political Economy*, publicado en 1841, cuyo propósito era proteger y promover el desarrollo industrial alemán, especialmente en las industrias nacientes, para reducir la brecha que separaba a ese país respecto del Reino Unido (Neffa, 2000).

Según Freeman (1993), List llega a estas conclusiones luego de reflexionar acerca de la situación que enfrentaba Gran Bretaña al ser superada por un país de menor grado relativo de desarrollo, tal como lo era en ese tiempo Alemania. Este liderazgo fue atribuido no sólo a esa protección de industrias incipientes, sino a un amplio espectro de políticas diseñadas para hacer posible y acelerar la industrialización e impulsar el desarrollo económico. La mayoría de esas políticas giraban alrededor de los temas del aprendizaje y la aplicación de nuevas tecnologías.

En este sentido, a List lo impresionó la brecha tecnológica abierta por Gran Bretaña en la primera mitad del siglo XIX. Al tratar de identificar los rasgos esenciales de una estrategia para alcanzar a los más avanzados, abogaba por una política tecnológica nacional, muy vinculada a una política industrial y educativa (Freeman, 1993). El concepto de SNI ha sido abordado principalmente en dos textos: *National Systems of Innovation Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning* editado por Lundvall (1992) y *National Innovation Systems a Comparative Analysis* editado por Nelson (1993). En esta vertiente la OCDE concibe al SNI como:

1. Una red de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías.
2. Los elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de conocimiento nuevo y útil desde el punto de vista económico que están localizados en una región determinada.
3. Una serie de instituciones cuya interacción determina el desempeño innovador de las empresas de un país o región.

4. Las instituciones nacionales, su estructura de incentivos y sus competencias, que determinan la tasa y la dirección del aprendizaje tecnológico o el volumen y la composición de las actividades generadoras de cambios de un país o región.

La serie de definiciones anteriores muestran que la idea de SNI está basada en el supuesto de que el entendimiento de los vínculos o relaciones entre los agentes involucrados en la innovación es un factor esencial para mejorar el desempeño tecnológico. En otras palabras, dado que la innovación y el progreso tecnológico son el resultado de una compleja serie de relaciones entre los agentes que producen, distribuyen y aplican varios tipos de conocimiento, el desempeño innovador de un país dependerá en gran medida de cómo esos agentes se relacionen entre sí como partes o elementos integrantes de un sistema colectivo de generación de conocimientos.

1. 5. Tecnología, agricultura y sistemas de producción

La aplicación del conocimiento científico en la agricultura tiene sus inicios en el siglo XIX. Durante este periodo se desarrollan importantes avances relacionados principalmente con los fertilizantes químicos, la comprensión de la microbiología del suelo, las leyes de la herencia, entre otros. Durante el siguiente siglo, el descubrimiento de la molécula de ADN y la mejor comprensión de la genética permitieron de manera relativa la capacidad de extrapolar la tecnología de una región a otra con distintas condiciones de clima, suelo y biota (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005).

El evidente éxito de la llamada revolución verde en cuanto al aumento de rendimientos provocó que se adoptara como el modelo ideal de la agricultura moderna, incorporando otros cultivos y otras tierras más frágiles desde el punto de vista ecológico (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005). Los países que asumen el modelo tecnológico de la revolución verde modifican su estructura productiva y su organización. Esos cambios organizativos, productivos y tecnológicos se llevan a cabo con el fin de aumentar la integración de la

agricultura hacía los mercados, tanto de productos agrícolas como de insumos (García, 1991).

En México, en la actualidad, la producción agrícola se realiza dentro de una gran diversidad de sistemas productivos. Por lo menos en cada zona ecológica del territorio nacional se tiene un sistema agrícola característico. De manera reciente, a los sistemas de producción agropecuarios tradicionales se ha promovido la sustitución de cultivo, razas de ganado, el uso de los plásticos (que permiten intensificar la agricultura y ganadería) y nuevos diseños en construcciones agropecuarias, con lo cual llegan a constituirse sistemas económicos y productivos muy complejos.

Los sistemas de producción agrícola se caracterizan por una gran diversidad en cuanto al nivel tecnológico, determinado en mayor medida por las condiciones climáticas. Resulta conveniente su análisis debido a que el sistema de producción es donde se expresan los objetivos o racionalidades de la sociedad y es donde convergen las tecnologías, los ecosistemas y sus interacciones y evolución. Derivado de lo anterior, resulta necesario plantear una conceptualización del significado de sistemas de producción.

En cuanto a su definición, varían entre las diversas disciplinas, pero también en el seno de cada una de ellas. El debate tiene lugar esencialmente entre agrónomos y economistas. Los geógrafos también participan, aunque parece que prefieren el concepto de sistema agrario, más amplio y más especializado (Pontie, 1993).

En esta investigación se adapta la propuesta por Malassis (1982): *Un sistema de producción es el resultado del ecosistema, de las formas de organización socioeconómica y de técnicas practicables. Los objetivos de producción, la manera como se toman las decisiones, los criterios que se utilizan sobre la optimización de sus recursos, la racionalidad de sus comportamientos, etcétera, dependen fundamentalmente de la estructura de las unidades socioeconómicas, resultado de las relaciones económicas y sociales a través del tiempo.*

En general, la agricultura protegida se ha adaptado a todos los sistemas de producción en México y al respecto se pueden identificar tres grandes vertientes de modelos de agricultura claramente definidas, con comportamientos y racionalidades distintas que condicionan su éxito y a continuación se describen:

1. El sistema empresarial y de alta tecnología del norte de país vinculado, directamente, al mercado internacional y su comportamiento esta definido por la racionalidad económica. En estos sistemas la adopción y adaptación de la tecnología no representa un obstáculo debido a su capacidad para obtener información sobre el comportamiento de los mercados y las tecnologías que le permitan lograr sus objetivos. Por lo que el cambio tecnológico se da de forma muy dinámica y sin muchas complicaciones.
2. El sistema intermedio o de transición del centro y sur del país asociado a los mercados locales y regionales y de tecnología intermedia. El comportamiento de estos sistemas tiene una racionalidad que hibridada, es decir, se ubica entre la lógica económica y la campesina. Sus objetivos en cuanto a la incorporación de nuevas tecnologías se vincula con el aumento de la productividad de sus unidades de producción. Situación que implica capacitarse para manejar y adaptar las tecnologías que le permitan mantenerse y evolucionar al sistema empresarial, proceso lento que implica la acumulación de los cambios tecnológicos que se lo permitan.
3. El sistema de producción tradicional o campesino, que se da a lo largo de todo el país y que genera escasos excedentes comerciales, más enlazado a patrones de autoconsumo local. El comportamiento de estos sistemas de producción no esta determinado por los intereses económicos, se relaciona con un modo de vida (con sus propias normas, valores y conductas) que les permite obtener los alimentos que la familia y la comunidad necesita. Se caracterizan por que los conocimientos productivos y tecnológicos son muy estables, cambian lentamente y que se transmiten de generación en generación con cambios mínimos, por lo

que la adaptación de nuevas tecnologías es un proceso difícil y muy lento.

Cuadro 1. Conceptos teóricos y principales autores utilizados en la investigación.

Conceptos teóricos	Principales autores	Capítulo con el que se relaciona
1.1. Enfoque territorial y región	Llanos-Hernández, 2010; Lefebvre, 1991; Damián <i>et al.</i> , 2007; Mazurek, 2012; Montañez y Delgado, 1998; Boisier, 1988; Taracena, 2008; Urrestarazu, 1989	Capítulo II, III, IV
1.2. La tecnología desde el enfoque CTS	González <i>et al.</i> , 1996; Osorio, 2003; Winner, 1979; Cáceres <i>et al.</i> , 1997; Reddy, 1979; Seris, 1994; Pinch y Bijker, 1984	Capítulo II
1.3. Cambio tecnológico e innovación	Rip y Kemp, 1998; Schumpeter, 1974; Kamien y Schwartz, 1968; Nelson y Winter, 2009; Dosi, 1988; Rip, 1992; Hughes, 2012 y 1983; Callón, 1986; Latour, 1996; Law, 2012; Mangematin y Callon, 1995	Capítulo II, III, IV
1.4. Orígenes y enfoques de la innovación	Schumpeter, 1969; Echeverría, 2010; Godin, 2006; Carty, 1924; Bush, 1999; Stevens, 1941;	Capítulo III y IV
1.4.1. Enfoque neoclásico de la innovación	Winter, 1991; Broncano, 1995; Nelson y Winter, 2009; Dutrénit <i>et al.</i> , 2010; Voelpel <i>et al.</i> , 2006;	
1.4.2. Enfoque evolucionista de la innovación	Quinn, 1992; Freeman, 1995; Lundvall, 1992; Nelson, 1993;	
1.4.3. Economía de la innovación	Dutrenit y Sutz, 2014; Neffa, 2000;	
1.5. Tecnología, agricultura y sistemas de producción	Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005; García, 1991; Pontie, 1993; Malassis, 1982	Capítulo II, III y IV

CAPÍTULO 2. TRAYECTORIAS, GENEALOGÍAS Y REDES EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN HIDALGO, MÉXICO.

2. 1. Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar el cambio tecnológico e innovación, la forma como se transmite la tecnología y las redes vinculadas a la agricultura protegida desde un enfoque territorial en Hidalgo, México. Para su análisis se utilizó la trayectoria tecnológica, el método genealógico y las redes sociotécnicas. Los resultados indican que la trayectoria se dio mediante la acumulación de cambios tecnológicos, impulsados y apoyados por las políticas de fomento. Las genealogías muestran que la tecnología se introduce, se adapta y se reproduce en los territorios por agentes innovadores que mantienen una estrecha relación con universidades e instituciones del Estado. Las redes sociotécnicas se caracteriza por su amplitud, heterogeneidad y la clara articulación entre actores, además presentan un aumento de actores externos y los extensionistas son los mediadores entre los actores. La tendencia hacia la especialización de la región permitió el desarrollo de la agricultura protegida y para su permanencia es necesario diversificar productos, explorar nuevos mercados y buscar nuevas formas de organización. En ese sentido, es inevitable pensar en sistemas sociotécnicos más inclusivo e interactivos, que se centren en aspectos técnicos, económicos y sociales. Por último, la metodología permite entender, desde una perspectiva territorial el cambio tecnológico y la innovación en los sistemas de producción agrícola.

Palabras clave: Cambio tecnológico, Extensionismo, Innovación, Método genealógico, Redes sociotécnicas, Trayectoria tecnológica.

2. 2. Introducción

México es un país que se destaca por el carácter heterogéneo y a la vez especializado de sus regiones agrícolas. Una característica de éstas es que se desarrollan actividades productivas con niveles muy desiguales de productividad y remuneraciones (Chevalier, 1985, 2007). En los últimos años esta situación se ha intensificado de tal forma, que la globalización ha transformado de manera desigual la estructura económica de los países. A las economías nacionales se han ido integrando agentes muy diversos que cooperan y compiten a la vez en los mismos mercados, con lo cual llegan a constituirse sistemas económicos y productivos muy complejos. Las interacciones que se generan de lo anterior no son estables, sino que se modifican a lo largo del tiempo y generan trayectorias tecnológicas y resultados productivos muy disímiles en las regiones (Capdevielle, 2005; Pérez, 2001).

En la actualidad el sector agroalimentario mexicano presenta una serie de ajustes y cambios tecnológicos que han incidido en su estructura productiva básica. Tales cambios se han dado en la propiedad agraria y en la intensificación de los ritmos productivos que, además son potenciados por los cambios en las demandas de la sociedad y las variaciones climáticas. Estas modificaciones han transformado las prácticas de manejo tradicional de las unidades agropecuarias, por la sustitución de cultivos o razas de ganado, la integración de la plasticultura ¹¹ y nuevos diseños en construcciones agropecuarias, agravando aún más las heterogeneidades ya presentes en el sector y algunas regiones tiende a una rápida especialización.

Un supuesto compartido es que en el sector agrícola el uso de la tecnología ha servido como herramienta mediadora entre el hombre y la naturaleza; de ahí que, su función básica, en teoría, ha sido contribuir a transformar los recursos naturales en insumos para beneficio de la gente que vive del campo (Herrera, 2006). Un ejemplo del uso de la tecnología en este sector son los sistemas de

¹¹ La plasticultura se refiere al uso de los plásticos en los sistemas de producción agrícola (Garnaud, 1995).

producción en ambientes controlados o agricultura protegida en sus diferentes modalidades¹².

Al respecto, la agricultura protegida, para el presente caso la producción en invernaderos, es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras que permite manejar las condiciones ambientales (temperatura, humedad y sustratos) y algunos otros riesgos (plagas y enfermedades) para el buen desarrollo de los cultivos, con la finalidad de incrementar y mantener la productividad en cantidad, calidad y oportunidad comercial (Bastida, 2008; Castañeda-Miranda *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2011). En este sentido, se logra incrementar los rendimientos a más del 200% dependiendo del cultivo (SIAP, 2013), además, permite hacer uso más eficiente de agua, fertilizantes y agroquímicos (García *et al.*, 2011).

Lo anterior, parte de la idea de que la meta actual de alcanzar y mantener una agricultura sostenible se basa en el conocimiento profundo de estos sistemas de producción (Vargas-Canales *et al.*, 2014). De ahí que sean considerados por especialistas y funcionarios del ramo agropecuario, como sistemas tecnológicos viables para mejorar la productividad del sector, pese a reconocerse el alto grado de especialización que se requiere para su manejo.

Aunque no se cuente con datos precisos que contabilicen la superficie nacional cultivada bajo estos sistemas (García *et al.*, 2011), si los hay sobre el incremento de la superficie cultivada bajo invernadero. En ese sentido, para 1980 el área destinada a la agricultura protegida era de solo 300 hectáreas; en 2010, la Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), reporta 11,760 hectáreas; y algunas organizaciones de profesionales estiman que la producción de hortalizas en invernaderos abarcaba cerca de 30,000 hectáreas (García *et al.*, 2011); en 2013 las estadísticas gubernamentales contabilizaban 19,985 unidades que empleaban sistemas de cultivo protegido (SIAP, 2013).

¹² Resulta pertinente aclarar que en los sistemas de producción en ambientes controlados o agricultura protegida se incluyen pabellones, mallas sombra, casa sombra, microtúneles, macrotúneles e invernaderos.

De manera contradictoria, en la actualidad, el 39% de los invernaderos se encuentran inactivos o abandonados y el 19% estancados (Aguilar *et al.*, 2013); situación debida a distintos factores de carácter social, técnico, económico y aún cultural, que no han sido considerados y apreciados de manera correcta por los diseñadores de políticas de apoyo gubernamentales que promueven este tipo de propuestas tecnológicas en el sector agrícola.

La SAGARPA, por medio de sus programas, ha promovido la agricultura protegida sin considerar los puntos críticos de la actividad, con lo que se genera un uso ineficiente del gasto público, ya que la gran mayoría de estos sistemas son subsidiados por el Estado a través de sus programas de fomento. De ahí, que resulte necesario identificar el desarrollo de los procesos productivos vistos a través del cambio tecnológico (transferencia, adopción, adaptación e innovación) del que son resultado, a fin de valorar, adecuadamente, las transformaciones que se generan en las regiones agrícolas en donde se instrumentan.

Al respecto, el análisis de los procesos de cambio tecnológico en la agricultura ha estado condicionado por supuestos y consideraciones, que no permiten explicar las causas que los impulsaron ni sus diferencias, ya sea por aceptar los postulados neoclásicos de la teoría económica o por utilizar referentes sobre las posibilidades de innovación y el comportamiento de los agentes económicos, poco adaptados a la diversidad de las realidades agrarias (Pujol y Fernández, 2001). De ahí, que resulte necesario identificar el desarrollo de los procesos productivos vistos a través del cambio tecnológico (transferencia, adopción, adaptación e innovación) del que son resultado, a fin de valorar, adecuadamente, las transformaciones que se generan en las regiones agrícolas en donde se instrumentan.

En este sentido, el objetivo de la presente contribución es analizar los procesos que contribuyen al cambio tecnológico y la innovación, la forma cómo se transmite la tecnología y las redes que se crean en torno a la agricultura

protegida desde un enfoque territorial. De esta forma se puede apreciar el comportamiento del cambio tecnológico desde los factores y actores que lo originan y plantear algunas estrategias para mejorar su competitividad. La unidad de análisis de estudio se centró en pequeños agricultores dedicados a la producción de jitomate en invernadero. La investigación tuvo una duración de tres años en la región de Tulancingo, Hidalgo, México; los resultados que se presentan en el trabajo se obtuvieron de fuentes primarias, mediante recorridos de campo, encuestas a productores y entrevistas con diversos actores clave.

La investigación se realiza desde la perspectiva del enfoque territorial, desde el que se aborda el análisis del sistema de producción como una interfase donde convergen diversos factores histórico-sociales multidimensionales que interactúan entre sí (Damián *et al.*, 2007; Llanos-Hernández, 2010).

Para su sistematización y análisis se creó un cuerpo analítico que se sustentó en los tres enfoques teóricos siguientes: 1) la trayectoria tecnológica (Pérez, 2001) y trayectoria sociotécnica (Thomas y Gianella, 2006) con la finalidad de comprender el surgimiento, comportamiento y la tendencia de la agricultura protegida en la región de estudio; 2) el método genealógico, para lo cual se hizo un acercamiento a lo formulado por Rivers (1975), Davinson (2006) y Linck (1991) con lo cual se identificaron los actores que introducen, adaptan y difunden la tecnología y 3) la Teoría del Actor Red (TAR)¹³ para desde una perspectiva sociotécnica identificar las redes que se crean en torno al cambio tecnológico, su complejidad, composición y su funcionalidad (Arellano, 2007;

¹³ Para más información sobre la Teoría del Actor Red véase Latour (2005), el concepto de cuasi-objeto y cuasi-sujeto de Serres (1980) y el principio de simetría generalizada de Bloor (1991) y Callon (1986).

Latour, 2007, 2001; Murdoch, 2000; Tirado *et al.*, 2008).

2. 3. Metodología

2. 3. 1. Tecnología y cambio tecnológico

En esta investigación se conceptualiza a la tecnología en un sentido amplio. Se incluye a los artefactos tecnológicos y a las distintas técnicas, conocimientos y fundamentos que permiten al hombre transformar la naturaleza (Cáceres *et al.*, 1997; Custer, 1995; Dorfman, 1993). También, a las formas de organización e incluso a la legislación como artefactos tecnológicos (Thomas, 2010). El cambio tecnológico se consideró como el conjunto de variaciones significativas en los sistemas de producción que estimulan su transformación y la expansión de su productividad. De tal forma, que a la dinámica productiva le sean incorporados nuevos objetos y procesos, reglamentaciones y otros productos derivados de la tecnología (Arteaga, Medellín, y Santos, 1995).

2. 3. 2. Métodos de análisis

2. 3. 2. 1. Trayectorias tecnológicas

El análisis de la trayectoria se entiende como un proceso de coevolución de productos, procesos, instituciones, racionalidades, políticas y estrategias de un actor, aspectos que permiten el desenvolvimiento de una tecnología (Pérez, 2001; Thomas y Gianella, 2006). En este sentido, se estudiaron las direcciones que toma la tecnología agrícola en la región de Tulancingo, Hidalgo, desde 1980 hasta el 2015. Para lo cual se trazó una línea de tiempo donde se identificaron los principales hechos sociales, económicos, políticos y tecnológicos que ocurrieron en el ámbito local, regional y nacional, con el fin de ubicar los eventos de importancia para el desarrollo de la agricultura protegida. Se determinaron las fases de creación, experimentación, formalización de la tecnología; además, las de su difusión y promoción. Con ello se identificó el cambio tecnológico e innovación que busca mejorar la competitividad,

adaptarse a las exigencias del mercado y cumplir con la normatividad.

2. 3. 2. 2. Método genealógico

La producción agrícola es una actividad compleja que se desarrolla en un espacio de relaciones sociales, y se caracteriza por una fuerte influencia familiar de herencia de saberes, conocimientos y tradiciones (Linck, 1991). Para analizar el proceso de cambio tecnológico en la región de estudio se utilizó el método genealógico (Davinson, 2006; Gordo y Serrano, 2008; Rivers, 1975), con la finalidad de analizar las condiciones que permitieron el desarrollo de la agricultura protegida en el territorio a través de la estructura local de relaciones sociales. En este sentido, se enfatizó en los liderazgos tecnológicos y los momentos a partir de los cuales se introduce la tecnología. En este caso, solo se consideró a la familia que introdujo por primera vez estos sistemas de producción como punto de partida, para después buscar precursores y sucesores.

De esta manera, se identificaron los liderazgos tecnológicos y el emprendimiento innovador en la región. El periodo de análisis va de 1980 a 2014, en el cual se identificó a los actores que dieron la secuencia del cambio de los sistemas tradicionales a la agricultura protegida. Posteriormente, se entrevistó a las familias más relevantes para ubicar la forma en que se introdujo y transmitió la tecnología agrícola. Para el desarrollo de la genealogía se asignaron claves de identificación para los actores referenciados. Estas fueron las siguientes: a) F1 la familia que inicia con los cambios tecnológicos que dieron origen a la agricultura protegida, b) F2 las familias que dieron continuidad a con las tecnologías y c) F3 las familias que se iniciaron con la agricultura protegida y que continúan con la actividad.

2. 3. 2. 3. Redes sociotécnicas

Se analizaron la redes sociotécnicas desde la perspectiva de la TAR (Latour,

2001, 2007; Tirado *et al.*, 2008). De esta forma, se conceptualizó a la agricultura protegida como un Actor-Red. Es decir, como un sistema de producción agrícola y a su vez como una forma de construir la sociedad, las relaciones humanas y el territorio, donde se integran un conjunto de elementos heterogéneos con historia, cultura y tradiciones distintas (con influencia de la ciencia, la tecnología, la política y el mercado) que interactúan manteniendo un flujo constante de conocimientos e información, dinámica que les permite su evolución y transformación. Con esto se crea, mantiene y reconfigura a los actores que la instrumentan (agricultores), actores que la ofertan (centros de investigación, universidades, políticas), actores que la demandan (consumidores, grupos de interés, etcétera), a la vez que se ubica su interacción con el ecosistema (socio-naturaleza).

Para este caso, se estudió al Actor-Red en tres periodos de desarrollo: 1998, 2007 y 2014. Se identificaron sus componentes, funciones, relaciones, las formas en que se producen las conexiones (Arellano, 1998, 2007; Arellano y Ortega, 2005), y la emergencia de nuevas entidades (Domènech y Tirado, 2009) con el propósito de describir el funcionamiento de dichos colectivos en el tiempo y el territorio.

2. 3. 3. Compilación de la información

La información que sustenta la presente contribución fue resultado del trabajo de campo realizado durante 2013, 2014 y 2015. El referente empírico se constituyó por unidades de producción ubicadas en el estado de Hidalgo (zona centro-oriental de México). La región de estudio comprendió los municipios de Acatlán, Acaxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec y Tulancingo de Bravo, mismos que concentran la mayor superficie de producción en agricultura protegida del estado.

Con la finalidad de establecer las filiaciones genealógicas e identificar las trayectorias (tecnológica y sociotécnica) en los sistemas de producción, se realizó una amplia revisión documental sobre la actividad en la región y se

aplicaron 58 encuestas semiestructuradas a los agricultores centradas en identificar sus atributos del agricultor, los de sus unidades de producción y en la introducción de nuevas tecnologías.

La selección de los agricultores se realizó por muestreo no probabilístico de selección experta y consistió en elegir unidades representativas según el criterio del experto (Pimienta, 2000), técnica común en el análisis del sector rural mexicano (Muñoz, Rendón, Aguilar, García, y Altamirano, 2004). Parte del universo de análisis se construyó a partir de la revisión de informes técnicos y evidencias aportadas por la SAGARPA, extensionistas y agricultores líderes en la región. Además, con la finalidad de cruzar información e identificar la red sociotécnica se realizaron 20 entrevistas con actores clave de la SAGARPA, extensionistas y autoridades municipales que se encuentran vinculados al sistema productivo regional y de innovación. Con esto, se identificaron los actores que se fueron integrando a la agricultura protegida y las causas que originaron su inclusión.

2. 4. Resultados

2. 4. 1. Características de la región de estudio

La región de estudio es un valle rodeado por lomeríos de baja elevación por el cual cruzan tres ríos (Tulancingo, Metepec, Mesillas) y algunos arroyos; es considerada una región con suelos fértiles para el desarrollo de cultivos. Posee un clima semiseco templado y templado húmedo con abundantes lluvias en verano, un rango de temperatura entre los 10 y los 18 °C, con una precipitación que va de 500 a 1100 mm y se ubica entre los 1600 y 3100 msnm (INEGI, 2014).

El paisaje rural de la región está definido por las actividades económicas que se han desarrollado en esta desde la época colonial. Los principales cultivos en la región (en superficie de producción) son maíz, trigo, cebada y forrajes, lo que permite observar un entramado heterogéneo de cultivos, construcciones,

maquinaria y equipo. En la ganadería destaca la producción bovina orientada a la producción de leche y en menor proporción la actividad porcina y ovina.

Durante las últimas décadas el territorio ha sufrido varias transformaciones inducidas, principalmente, por las actividades agrícolas. Ahora, el espacio natural se observa claramente humanizado, sin llegar a los extremos de las zonas urbanas. Los elementos más visibles de su reconfiguración territorial se manifiestan en el incremento de los invernaderos, mismos que van sustituyendo la producción a cielo abierto y lo ha incorporado todo tipo de agricultor (alta tecnología, tecnología intermedia o tradicional) sin importar lo irregular del relieve.

Las unidades de producción que se estudiaron están distribuidas de manera muy irregular por todo el territorio. Todas realizan diversas actividades con lo que se amalgama un nuevo sistema de producción más complejo. Este, se desarrolla para hacer más compatible la ganadería (bovinos) con la agricultura (maíz y cultivos forrajeros), ya que permite el pastoreo en las parcelas y realizar la rotación de áreas (ganadería-agricultura-ganadería), lo que además favorece el abonado natural de las tierras (Figura 5). Este sistema incluye huertos familiares, espacio que converge con las actividades agrícolas y pecuarias con la finalidad de proveer a las familias de alimentos básicos diversos.

Finalmente, se observan como parte del paisaje rural los invernaderos que son el resultado de la interacción regional de factores técnicos, sociales, económicos, históricos y políticos. Éstos se caracterizan por una demanda constante de innovaciones tecnológicas, y el objetivo final de la producción ha dejado de ser la subsistencia para emigrar a una agricultura comercial de abasto a los mercados.

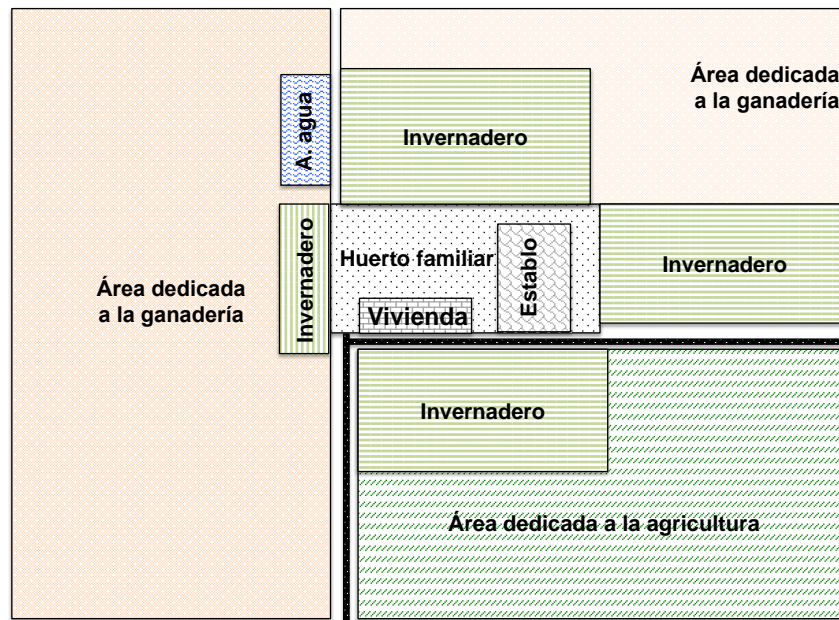


Figura 5. Plano de una unidad de producción típica de la región de estudio.

2. 4. 1. Características del sistema de producción

Los sistemas de producción agrícola en México se caracterizan por una gran diversidad en cuanto al nivel tecnológico, determinados en mayor medida por las condiciones climáticas. La agricultura protegida en la región de Tulancingo, Hidalgo, es de tecnología media de acuerdo con la clasificación de (Costa y Giacomelli, 2005).

En la actualidad y derivado de la evolución tecnológica en el territorio, predomina el diseño tipo cenital, se trata de invernaderos con armazón de acero y películas de polietileno difuso, enfriamiento pasivo y con sistema de calefacción. Cuentan con controladores sencillos para fertirrigación, la producción se realiza en suelo y se establecen ciclos de producción largos. El total de las unidades productivas se dedican a la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) que se comercializa en fresco en mercados locales y regionales (Vargas, Palacios, Camacho, Aguilar, y Ocampo, 2015). Las alturas son muy variables y se encuentran de 3 metros (invernaderos iniciales) hasta 8, los más recientes; predomina como diseño el tipo cenital con sistemas manuales para apertura de ventilas. Por lo general, se encuentran equipados

con sistemas de riego automatizados y cintillas o mangueras de riego por goteo y calentadores de gas y diesel.

Las características de los agricultores y de las unidades de producción son muy heterogéneas. La edad de los agricultores oscila entre 24 y 63 años, con un nivel de escolaridad que va de un año hasta 17; un aspecto importante es que los agricultores con mayor nivel de escolaridad son ingenieros agrónomos originarios de la región. En cuanto a los años de experiencia en la actividad destaca el mínimo que es de un año o un ciclo de producción hasta los 15, lo que indica cada año se incorporan nuevos agricultores, además de mantenerse los que iniciaron la actividad. Los rendimientos varían en un rango que va de mínimo 10 a un máximo de 44 kgm⁻². Esto refleja un manejo muy heterogéneo del sistema de producción. En cuanto a la superficie de cultivo, el tamaño de los invernaderos oscila de 600 hasta 15,000 m².

2. 4. 1. Adopción, adaptación tecnológica y territorio

En el país, los primeros invernaderos fueron construidos en el Estado de México (Figura 6) alrededor de 1940 por emigrantes alemanes y japoneses a base de concreto, herrería y cristal, diseños típicos de Europa (Enoch y Enoch, 1999). Posteriormente, en 1959 se construyeron invernaderos, del mismo material, para el desarrollo de las investigaciones agrícolas en el Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura¹⁴ (Chapingo, Estado de México). De ahí, se difundieron a los pueblos vecinos, principalmente, para la producción de ornamentales.

En los 70, como parte de las políticas de fomento de la Comisión para el Desarrollo de las Zonas Marginadas (CDZM) promovió su uso y construcción, sobre todo, a partir de estructuras de madera y cubierta de plástico; sin embargo, al no controlar las condiciones ambientales de manera correcta, tuvieron un éxito limitado. Asimismo, se iniciaron proyectos empresariales

¹⁴ Hoy Universidad Autónoma Chapingo (UACH)

Rosemex, Summa y Flora, quienes adoptaron tecnologías basadas en la fibra de vidrio y estructuras metálicas (Pacheco, 2008).

Inducidos por el desarrollo de la floricultura, el viverismo y la producción de plántulas de hortalizas, en los 80 se da inició en la UACH la investigación de estos sistemas de producción, en relación a los materiales a utilizar y los métodos de cultivo, obteniéndose importantes avances. Esto permitió que para la siguiente década se introdujeran varias innovaciones tecnológicas en su diseño y en el de sus componentes. Fue una etapa marcada por la utilización de estructuras construidas con materiales más ligeros y con cubiertas de polietileno; además se le integraron sistemas sencillos de control climático y equipos de riego automatizado y fertirrigación (Pacheco, 2008).

Sin embargo, fue hasta 1995 cuando se presentan las condiciones más favorables para la inversión en cultivos hortícolas entre los grandes empresarios de Sinaloa, Sonora, Baja California, Jalisco y en la zona del Bajío (Pacheco, 2008); es durante este periodo cuando cientos de hectáreas de invernaderos cubren las tierras agrícolas en estas entidades federativas, cuyo resultado implicó un proceso de reproducción de las ganancias y de la rentabilidad agraria.

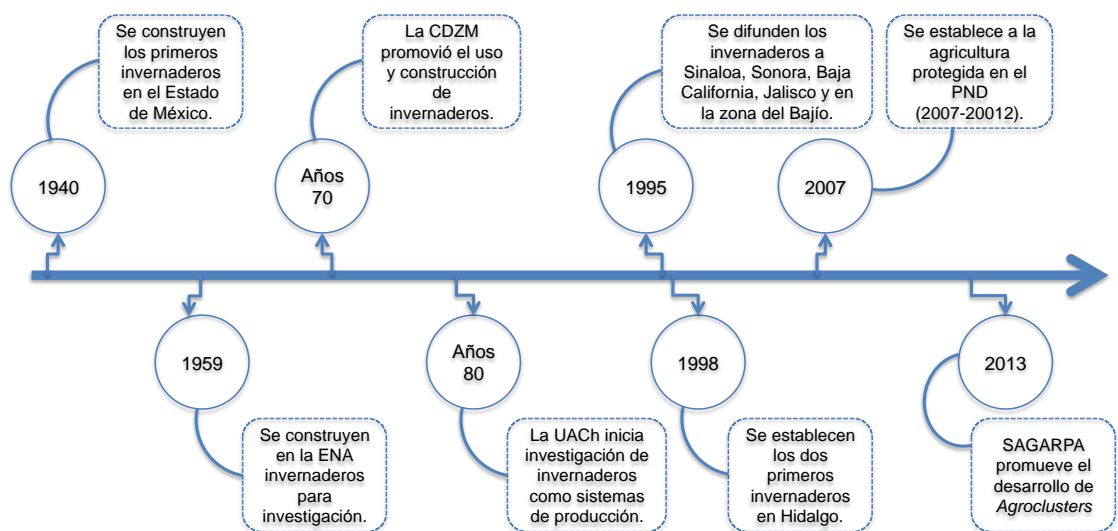


Figura 6. Sucesos que dieron origen a la agricultura protegida.

En la región de estudio el primer cambio que se dio para el desarrollo de la agricultura protegida fue la extracción de aguas subterráneas mediante pozos profundos. Es importante aclarar que el agua es indispensable para la producción agrícola, especialmente para las hortalizas. Los primeros pozos se iniciaron en los años 70, sin embargo, presentan mayor dinamismo en los años 80. Después, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), con el objetivo de aumentar la productividad promovió el desarrollo de la irrigación. Es decir, la construcción de infraestructura de conducción del agua a las áreas de producción de maíz. Lo cual, inicia con canales rústicos de riego con pocos metros de revestimiento en los canales principales y la mayor parte sin éste.

A pesar de que se lograron mejoras en la productividad agrícola, esta tecnología ocasionaba grandes pérdidas de agua por las fugas que se daban a lo largo de la red de distribución y a la fuerte evaporación. Por lo que se sustituyó muy rápido por tubería de policloruro de vinilo (PVC) hidráulico iniciando con las líneas principales de conducción. Proceso acompañado de un fuerte componente de mecanización agrícola. Se introdujeron tractores, sembradoras, empacadoras y cosechadoras, proceso que continuó hasta finales de los años 90.

Fue hasta 1998 (pocos años después de su implementación en el norte del país) cuando en la región surge la innovación radical y se establecen los dos primeros invernaderos en el municipio de Metepec, Hidalgo, con el objetivo de producir flor de corte (Figura 6). Se trataba de invernaderos pequeños de baja tecnología, contruidos por los mismos agricultores con (PTR) de lámina negra y toda la estructura soldada, con paredes de fibra de vidrio, poca ventilación y sus dimensiones no superaban los 1000 m². Estos invernaderos fueron promovidos por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Hidalgo (SEDAGRO-Hidalgo), el Instituto Nacional Indigenista (INI), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) en esquemas de créditos. Sin embargo, sus objetivos pronto cambiaron, dedicándose a la producción de hortalizas, en específico para el cultivo de jitomate.

Para el 2000 se construye en la región el primer invernadero Inver2000, diseñado en la Universidad Autónoma Chapingo para la producción de hortalizas (jitomate, pepino y pimiento) y se construye uno de este tipo en Acatlán, Hgo. municipio vecino. Un año después, la SAGARPA y SEDAGRO-Hidalgo, en sus programas de fomento agrícola otorgan subsidios para la construcción de invernaderos, lo que provoca cambios decisivos en la difusión de la agricultura protegida. Estos cambios estimularon transformaciones en los métodos de construcción. Se inicia el uso de PTR de lámina galvanizada y disminuye el uso de soldadura. Además, surgen empresas constructoras, quienes rápidamente adaptaron el diseño de los invernaderos a las condiciones locales e introducen el invernadero tipo cenital, modelo más adecuado para las condiciones climáticas de la región. También, se incrementa el tamaño de las construcciones a 1200 m² y se mejora el manejo de la tecnología; es decir, se introducen calentadores pequeños y sistemas de riego.

Entre el 2001 y 2006, la producción en invernaderos se propaga a municipios colindantes como Acaxochitlán y Tulancingo de Bravo, Hidalgo y se promueven nuevos cultivos como el pepino, que se abandona debido a los bajos precios de venta y se cambia rápidamente a jitomate, cultivo que garantizaba mercado y retribuía con mejores precios. En la misma época surgen en la región las primeras empresas proveedoras de insumos especializados, hecho que mejoró de manera considerable la productividad.

El incremento más importante en cuanto a superficie de agricultura protegida se dio en el 2007, al darse mayor importancia a la actividad en el ámbito nacional. Se establece a la agricultura protegida como uno de los ejes de economía competitiva y generadora de empleos para el sector rural (Plan Nacional de Desarrollo, 2007-2012). Durante este periodo se dan cambios importantes en la tecnología derivados de los requisitos que establece la SAGARPA para acceder a los subsidios. Se aumentan los montos y superficies de apoyo (hasta 5000 m²) con sistemas semiautomatizados de calefacción, riego e hidroponía¹⁵, Así,

¹⁵ La hidroponía se refiere a un sistema de producción que no utiliza al suelo como medio de sostén ni como medio para que las planta obtenga nutrientes. En sustitución se utilizan

en poco tiempo la mayoría de agricultores que contaban con invernaderos duplicaron su superficie de producción. Sin embargo, la hidroponía implicaba mayor uso de fertilizantes, manejo más preciso de la nutrición vegetal y un mayor costo de producción por lo que se abandonan y se continúa la producción en suelo.

Como resultado del crecimiento de la superficie de estos sistemas de producción en distintas regiones del país (Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Puebla, Tlaxcala, Oaxaca) se presentan problemas relacionados a la construcción de los invernaderos en cuanto a calidad de los materiales y a la adaptación de los diseños a las condiciones climáticas de las distintas regiones, por lo que, para el 2008 se crea la norma mexicana NMX-E-255-CNCP-2008, con el objetivo de contar con una base normativa para el diseño y construcción de invernaderos. Lo anterior debido a que surgieron muchas empresas constructoras de invernaderos, varias de las cuales los construían sin cumplir normas mínimas de calidad. Además, como respuesta a la demanda de profesionales especializados surge la Licenciatura de Agronomía en Agricultura Protegida en la UACH en el 2008, después se adoptaron planes de estudio similares en Universidades Tecnológicas de distintas regiones del país.

La dinámica de crecimiento de la actividad en la región continuó de manera similar hasta el año 2010, con lo que se llegó a tener incluso, superficies de cultivo protegido de más de una hectárea por agricultor. En esta época se da otro cambio importante en la construcción de invernaderos. Se trata de invernaderos más altos que permiten mayor control climático y con el uso de placas para ensamblar en sustitución total de la soldadura. Obteniendo con esto mejor soporte y mayor flexibilidad.

Como efecto del éxito en la producción local se instalan en la región una gran diversidad de empresas dedicadas al diseño y construcción de invernaderos y empresas proveedoras de insumos. Sin embargo, como un resultado de la dinámica de crecimiento en superficie de invernaderos en 2011 se genera una

sustratos (tezontle, arena, fibra de coco, entre otros) y soluciones nutritivas (mezclas de agua y fertilizantes) de acuerdo a las necesidades del cultivo.

crisis de sobreproducción de jitomate en los mercados locales, y con esto, se inicia una pérdida paulatina de su rentabilidad. Situación que da inicio a varios intentos de los agricultores para organizarse y tratar de acceder a otros mercados.

Para finales del 2012 en distintas regiones del país se hacen evidentes las aglomeraciones de invernaderos y ante la problemática anterior, la SAGARPA en su programa de fomento a la agricultura en el componente de Desarrollo de Cluster Agroalimentario promueve el desarrollo de *Agroclusters* con el objetivo de contribuir a incrementar la producción y productividad de las unidades económicas rurales agrícolas mediante incentivos para: integración de cadenas productivas (sistemas producto), desarrollo de clúster agroalimentario, entre otros. Sin embargo, a la fecha no se han obtenido los resultados esperados debido principalmente a la poca experiencia para organizarse.

2. 4. 2. Liderazgo tecnológico, emprendimiento innovador y territorio

El método de análisis permitió desarrollar un esquema de filiaciones tecnológicas a partir de las familias. Y al respecto, cobra especial importancia la familia F1 en la región (**Figura 7**), debido a que es a quien se identifica como la primera que incorpora a sus sistemas de producción las tecnologías que fueron dando origen a la agricultura protegida. Es importante aclarar que en esta época las sociedades agrícolas del país se encontraban en una época de transición entre la agricultura moderna, mecanizada y exportadora y la tradicional, limitada y abandonada.

En ese sentido, la sociedad agrícola de la región se caracterizaba por contar con pequeña propiedad con miras a desarrollarse como empresarios, por lo que contaba con acceso a créditos y financiamiento para modernizar al sector de acuerdo a las políticas de la época. Esta pequeña propiedad pareciera ser heredada de los esquemas de producción de las grandes haciendas de finales del siglo XIX ya que se caracterizaba por tratarse de rancheros que tenían como base la producción de maíz y leche como principales actividades.

Por lo que se refiere a las familias que dieron origen y continuidad a la agricultura protegida se caracterizan por contar con mucha experiencia en la agricultura y dentro de sus estrategia de permanencia se incluye la búsqueda de nuevas tecnologías por lo que de manera regular asiste a cursos de capacitación, eventos demostrativos, ferias tecnológicas y desarrolla de manera constante experimentación en cuanto a nuevas variedades de semillas, fertilizantes y equipo. Situaciones que le permiten integra cambios tecnológicos de forma constante a sus sistemas de producción y adaptarse a las transformaciones que ha sufrido la agricultura en el territorio. Lo anterior es una clara evidencia de que se trata de familias que tienen una gran capacidad de absorción tecnológica, es decir, tienen la capacidad de reconocer el valor de nueva información, conocimientos y tecnologías y de aplicarlos en los procesos de producción (Cohen y Levinthal, 1990).

Conviene aclarar que lo anterior fue lo que permitió adoptar, adaptar y manejar la agricultura protegida, sistema de producción que implica un manejo muy diferente a los tradicionales. Es decir, se requiere de conocimientos más especializados en cuanto a la nutrición del cultivo, manejo del suelo, manipulación de las plantas (tutoreo, poda, polinización), control de las condiciones ambientales y manejo de plagas y enfermedades.

Hecha esta aclaración, destaca que esta familia tenía vínculos con instituciones de gobierno y universidades, las cuales se han mantenido por sus sucesores hasta la fecha. Los vínculos se desarrollaron inicialmente por extensionistas relacionados a la familia. En este caso, los extensionistas como parte de sus funciones se incluyen la traducción tecnológica del conocimiento, la vinculación de actores y la mediación de sus interacciones lo que posibilita la operatividad del conocimiento mediante la acción directa y la gestión de recurso para la introducción de la innovación *in situ*.

Este hecho es importante debido a que estas relaciones fueron las que dieron inicio a la perforación de pozos profundos en la región y la transformación de todos los sistemas de producción. Estas relaciones se mantuvieron por la

familia F1 y F2 (**Figura 7**) con lo que se desarrollaron a partir de ella importantes cambios tecnológicos. El proceso inicio en los años 80 con el primer pozo profundo, con el objetivo de mejorar los sistemas de producción de maíz que hasta entonces eran de temporal. Esto desencadeno una serie de cambios (canales de riego y la mecanización), mediante los cuales se dinamizó la agricultura y se fueron configurando los sistemas de riego, estos fueron adoptados por un sector más amplio de los agricultores y ahí se distingue la familia F2.

Los primeros invernaderos (de tamaño pequeño y de baja tecnología) fueron promovidos por el Ing. Antonio Verde Montañó con las familias F2 y F3 en 1998 en el municipio de Metepec, Hidalgo. Estas familias iniciaron un proceso de adaptación a estos nuevos sistemas en relación a los artefactos tecnológicos y conocimientos empleados en los sistemas tradicionales (manejo de suelo, agua, fertilizantes, etcétera) acompañados de una fuerte interacción con el mercado. Dicho lo anterior, fue la producción de jitomate en invernadero la que presentó la mayor posibilidad de permanencia en los mercados.

Posteriormente surgieron los invernaderos de tecnología media y de mayores dimensiones; en este caso su principal promotor fue el Ing. Pasiano Francisco Barranco Islas con las familias F2 y F3. Este período estuvo marcado por una intensa introducción (por medio de la experimentación ensayo-error) de innovaciones incrementales para mejorar el proceso de producción. Lo anterior incidió, de principio, en el tipo de variedades sembradas, en la decisión de producir en suelo o hidroponía; en la selección del tipo de polietileno y en el manejo de la fertilización. Estrategias productivas introducidas todas en la medida en que les permitían permanecer en el mercado y continuar su crecimiento y en segundo término se dejaron las innovaciones de producto, mercado y organización.

Más adelante se asientan en la región distintas empresas proveedoras de insumos y de diseño y construcción de invernaderos. Esto se apareja con el asentamiento en la región de otras familias interesadas en desarrollar

actividades agrícolas mediante sistemas protegidos de producción, provenientes de otras regiones del estado de Hidalgo, Morelos y el Estado de México. Estos actores desempeñan un papel más importante porque en su traslado, también, introducen invernaderos de alta tecnología (familia N1-8) y nuevos conocimientos sobre su manejo (**Figura 7**). A la par llega a la región la empresa Eurogreenhouse SA de CV, quien promueve este tipo de invernaderos a finales del 2014.

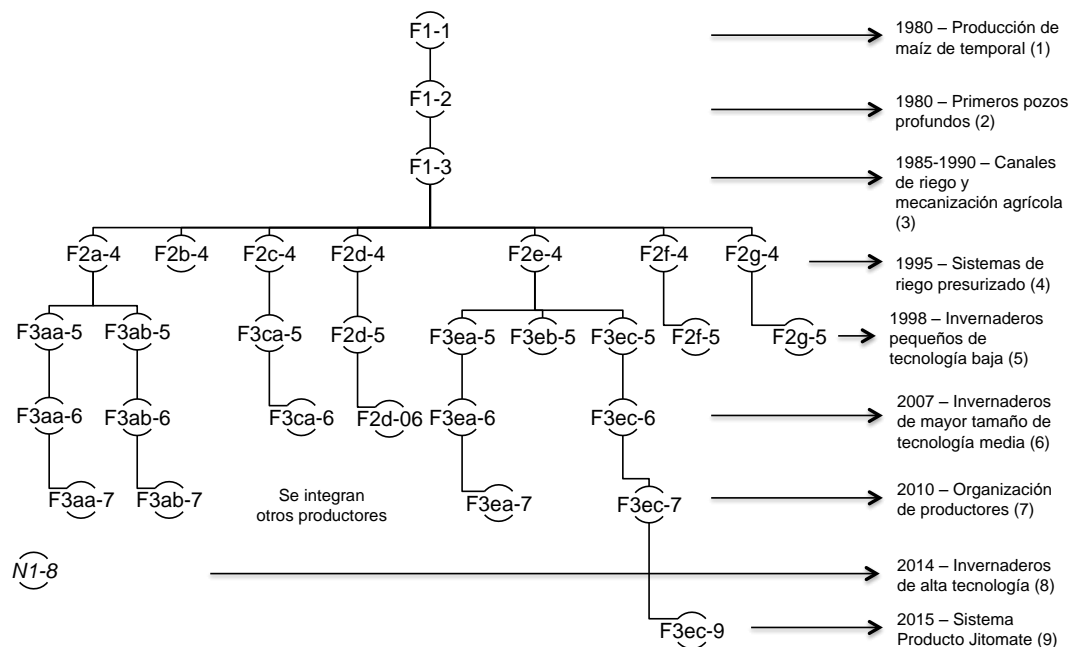


Figura 7. Genealogía del liderazgo tecnológico de la agricultura protegida en la región de Tulancingo, Hidalgo, México.

Por último destaca el intento por integrar el Sistema Producto Jitomate-Hidalgo, instancia organizativa básica de la SAGARPA para acceder a apoyos como: asesoría técnica especializada y la gestión para obtener apoyos y servicios para la comercialización. Esto surge de la iniciativa del MVZ. Abraham Salomón Ganado, Jefe del Distrito de Desarrollo Rural de Tulancingo, el Ing. Pedro A. García Castro, Director de Desarrollo Rural, Económico y Ecológico de

Metepec, Hidalgo, el Ing. Pasiano Francisco Barranco Islas, la familia F3ec y organizaciones de agricultores hortícolas de reciente creación en la región.

2. 4. 3. Actores, relaciones y territorio

Con base en la información recolectada, se construyeron los grafos con los que se ilustra la interacción entre los diferentes actores. El primero, se realizó para 1998, año en que el Actor-Red es introducido en la región de estudio (**Figura 8**). El segundo, para 2007 el cual se toma como un punto intermedio de análisis (Figura 9). El tercero, para 2014, como elemento base que permite identificar la situación actual (Figura 10).

Para analizar el Actor-Red es necesario mencionar la aceptación del postulado de heterogeneidad y con ello el principio de simetría de Bloor (1991). Es decir, se utiliza la misma metodología para estudiar ambos casos. En este sentido, se analiza a la agricultura protegida como el Actor-Red, para de este modo establecer que las entidades que conforman la red no son ni sujetos ni objetos. Se trata de redes heterogéneas que cambian muy rápido de forma y dirección, como se puede observar en las figuras 8, 9 y 10, mismas que en poco más de dos décadas experimentan un rápido crecimiento.

Para examinar el desarrollo de la red sociotécnica se siguió a los actores a través de su construcción y deconstrucción, y en el primer periodo de análisis destacan cuatro actores importantes que a continuación se describen:

1. *Agricultura protegida*: se refiere al sistema de producción de hortalizas en invernadero. En el cual se entiende como un sistema sociotécnico como la plantea Geels (2004) y se incluye al grupo de agricultores que desarrollan la actividad que está en constante interacción con las tecnologías y son los principales encargados de su adopción, adaptación y reconfiguración hasta lograr adecuarla a los sistemas de producción creados a través del tiempo en el territorio.
2. *Institución de enseñanza e investigación (IE)*: se trata de la Universidad Autónoma Chapingo, institución pública de educación media superior y

superior. Fue fundada en 1854 y desde entonces se encarga de la enseñanza e investigación en ciencias agronómicas. En lo que respecta al estudio de la agricultura protegida lleva cuando menos 30 años de investigación en el área, durante los cuales ha desarrollado importantes avances científico-tecnológicos.

3. *SAGARPA (IG)*: dependencia del Poder Ejecutivo Federal, que se encarga del diseño y ejecución de las políticas de apoyo al sector agropecuario. La *SEDAGRO-Hidalgo*; es la dependencia encargada de la administración pública del estado de Hidalgo y que por lo general trabajan en coordinación con otras instituciones educativas, sociales y privadas.

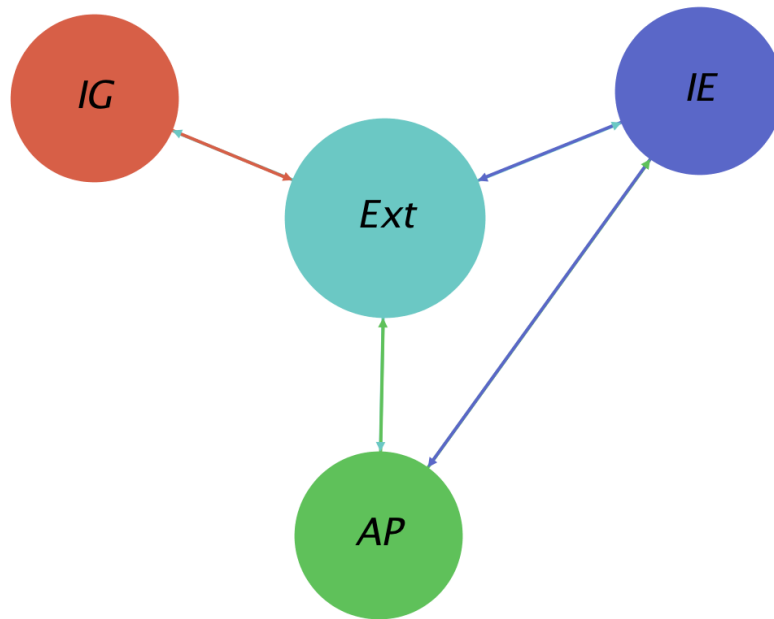


Figura 8. Actores-red relacionados a la agricultura protegida, 1998.

4. *Extensionistas (Ext)*: son profesionistas por lo general Ingenieros Agrónomos especializados en aspectos técnicos. Es adecuado aclarar que no se trata de un extensionismo formal. Se trata de expertos que se ubican en la región, muchos de ellos forman parte de las familias de agricultores y se dedican a la misma actividad. También, actúan como asesores técnicos, es decir, son los actores que posibilitan la difusión tecnológica, acción que les permite a los agricultores apropiarse del conocimiento científico-tecnológico relacionado con la actividad productiva.

Para el primer momento de análisis quien destaca en su proceso de traducción tecnológica es el extensionista (**Figura 8**), que es quien tiende a articular entidades y da origen al Actor-Red de estudio (agricultura protegida). Asimismo, de forma directa o indirecta relaciona a la Empresa-Universidad-Gobierno y en su proceso mediación se encarga de mantener un gran dinamismo de la red. Es quien articula a la SAGARPA, la SEDAGRO-Hidalgo (quienes co-invierten con el agricultor), la UACH (quien genera la tecnología) y los usuarios (quienes establecen los sistemas de producción e invierte en parte del costo de la tecnología). Este actor en el proceso de interacción-traducción vincula a entidades heterogéneas y gestiona el desarrollo del Actor-Red.

Para el año 2007, como puede verse en la Figura 9, la red presenta una estructura de nodos más compleja, ya que integra nuevos actores. Los elementos que la componen son más heterogéneos, más especializados (en cuanto a sus funciones) y no sólo se ubican a nivel local, sino que trascienden a su lugar de creación y se extienden a otras regiones. De esta forma, surgen y se integran nuevas entidades relacionadas con los sistemas productivos regionales como se describen a continuación:

5. *La Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos A. C. (AMCI) y la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A. C. (AMHP)*. La primera encargada de normalizar los procesos de construcción de

invernaderos, la segunda, se aboca a facilitar el desarrollo de la agricultura protegida en México. Estas nuevas entidades surgen por la necesidad de armonizar los procesos.

6. *Empresas constructoras de invernaderos (EC)*. Son el grupo de empresas dedicada al desarrollo y construcción de invernaderos. Su importancia radica en que, también, se encargan de rediseñar las estructuras en función de las necesidades del cultivo y de las condiciones climáticas de la región.
7. *Empresas proveedoras de insumos (EPI)*. Este grupo de empresas son indispensable para el sistema, ya que éste demanda insumos altamente especializados. Esto resulta importante debido a que cuando se inició el desarrollo de la agricultura protegida en la región no se contaba con los insumos que demandaba para su correcto funcionamiento y obtenerlos era muy costo. Además, son una importante fuente de información y de nuevos productos y tecnologías.
8. *Instituciones de gobierno (IG)*. En esta etapa se integran más instituciones de gobierno que subsidian la construcción de invernaderos (SRA¹⁶, FIRCO¹⁷, SE¹⁸, etc.). También, se integra el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Hidalgo (CESAVEH), instancia gubernamental abocada a apoyar en el manejo de problemas fitosanitarios y a promover las buenas prácticas agrícolas.

La integración en la región de estos nuevos actores les confirió a las empresas ventajas comparativas ya que permitió la reducción de costos de producción. En los costos fijos por la adquisición de equipo complementarios a precios más accesibles y en los costos variables principalmente en la obtención de insumos de mejor calidad a menor costo. Además, es la primer evidencia de la tendencia a especializarse del territorio en la producción de hortalizas.

¹⁶ Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) actualmente Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

¹⁷ Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) perteneciente a la SAGARPA pero con sus propios programas de apoyo.

¹⁸ Secretaría de Economía (SE) a través del Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas en Solidaridad (FONAES).

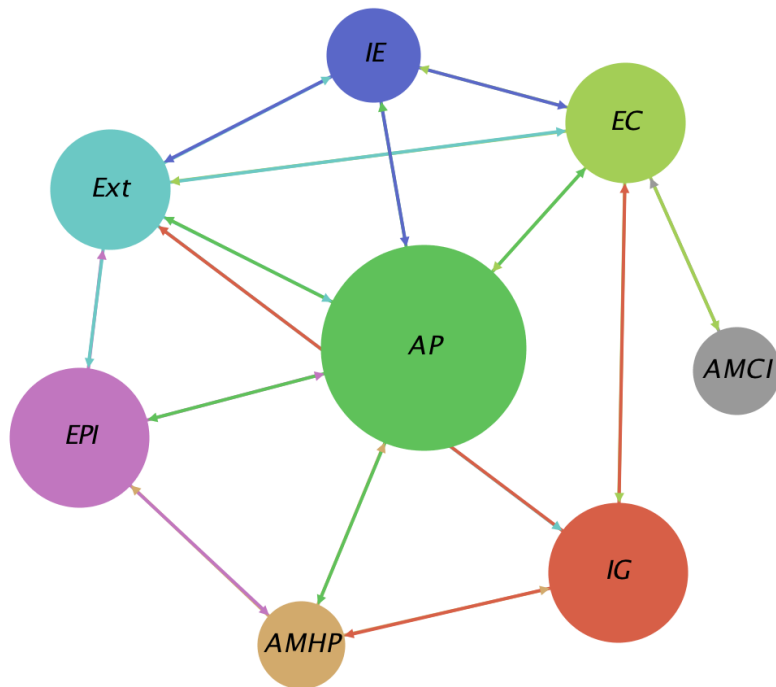


Figura 9. Actores-red relacionados a la agricultura protegida, 2007.

En el último año de análisis de la red (Figura 10) se puede observar la incorporación de nuevos actores al sistema de producción. Esto se debe, en lo fundamental, a las dificultades que se presentaron en la región en torno al Actor-Red, lo que origina su emergencia como parte importante para su supervivencia y reproducción.

9. *Instituciones financieras (IF)*. Esto fue el resultado de la caída de los precios de venta de jitomate ocurrida en 2011. Esta situación descapitalizó a la mayoría de los agricultores y los obligó a solicitar créditos para el acondicionamiento de sus unidades de producción y para su siembra. También, derivado de vislumbrar a esta actividad como una oportunidad de negocio.

10. *Organizaciones de agricultores*. Surgen en 2011 como respuesta a las presiones del mercado, su objetivo es exportar pimiento morrón y

jitomate a Estados Unidos de América. Un ejemplo de esto es la creación de la Integradora del Valle de Tulancingo SA de CV, organización formada a partir de la iniciativa de tres sociedades de agricultores: Manzaneros de Hidalgo SPR de RL, Agricultores Leonsote SPR de RL y Agropecuaria Klekor SPR de RL.

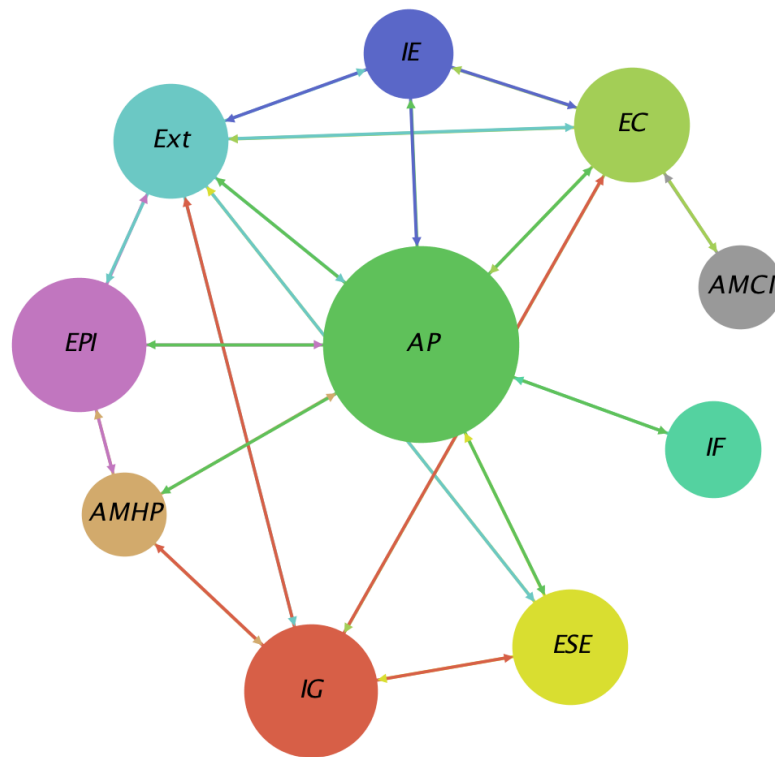


Figura 10. Actores-red relacionados a la agricultura protegida, 2014.

11. *Empresas de Servicios Especializados (ESE)*. En 2012 la producción de hortalizas presentó fuertes problemas, ya que se detectó la presencia de *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*, una de las bacterias más agresivas que atacan el cultivo de jitomate. Este problema generó un incremento en la demanda de servicios altamente especializados para su identificación y control. Por lo cual se incorporaron laboratorios de

análisis de plantas y suelo que se coordinaron con el CESAVEH y los agricultores para su detección y control.

En los últimos años y como respuesta a la importancia de la actividad en la región, se incorpora un grupo de investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo y la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, con la finalidad de desarrollar nuevos esquemas de organización que permitieran a los agricultores comercializar sus productos en mercados internacionales.

2. 5. Discusión

El proceso de reconfiguración territorial analizado a través de la tecnología, se caracteriza por la influencia de los cambios globales, regionales y locales. En donde el cambio tecnológico tiene un papel primordial el desarrollo económico local, los aspectos socioculturales y político-administrativos. En este sentido el desarrollo de la agricultura protegida coincide con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN en 1994) y la caída de los precios de las materias primas en los mercados internacionales. Situación que origina que en pocos años las hortalizas tomarán gran importancia dentro de las exportaciones agroalimentarias mexicanas (Schwentenius y Gómez, 2001) y se iniciará la difusión de estos sistemas de producción a otros estados del país.

En la región de estudio la actividad predominante era la producción de maíz de temporal, como parte de una política agrícola impulsada por el Estado (Appendini, 2001). Es posible, que el cambio tecnológico en la región de Tulancingo fuera incitado por cuatro causas principales; la primera relacionada a la crisis maicera que se dio entre 1990 y el 2000¹⁹ (Bartra, 2006), lo que

¹⁹ Se trata de una etapa de transición donde el sector agropecuario mexicano está inmerso ya en un ambiente globalizado. El periodo de ajuste no fue fácil en la producción y comercio exterior, es decir, existieron ganadores y perdedores. El comportamiento general de la economía mexicana en su conjunto registró bajo dinamismo y los sectores más afectados fueron los pequeños productores agrícolas y pecuarios.

implicó la entrada de los productores de maíz al libre mercado, situación que no se dio con éxito. La segunda, inducida por efecto del éxito obtenido por los grandes empresarios del norte del país, lo cual detonó el proceso de difusión de la agricultura protegida a otros estados del país y en la actualidad todas las entidades del país desarrollan la producción en invernaderos (García *et al.*, 2011).

La tercera como parte de las opciones del Estado en la búsqueda de permanencia y competitividad del sector agrícola en una etapa donde la globalización y el neoliberalismo se imponían como modelo económico predominante. Es decir, como una orientación de las políticas agrícolas hacia la especialización regional con cultivos de alto valor comercial en los mercados nacionales e internacionales. Y la cuarta por los cambios en las épocas e intensidad de las lluvias y condiciones climáticas extremas que se han presentado en la región de manera más frecuente en los últimos 20 años. Situaciones que han afectado a la agricultura que es muy susceptible ante estas eventualidades (Nelson *et al.*, 2009).

La trayectoria que siguió el desarrollo de la agricultura protegida en la región de estudio se da mediante la acumulación de cambios tecnológicos, a través del tiempo, si bien tradicionales pero con agricultores con una buena capacidad de absorción tecnológica. Es evidente como genera una demanda por mejoras tecnológicas que le permiten desarrollar las condiciones para su reproducción; a la par, se dan procesos continuos de creación, transformación y reconfiguración territorial. Lo anterior enmarcado en procesos complejos donde las tecnologías se interconectan con otros sistemas, y éstos, a su vez, depende de las condiciones ambientales específicas.

Esto coincide con lo planteado por Geels y Schot (2007) quienes mencionan que la reconfiguración del territorio se da a partir de innovaciones radicales que surgen para resolver problemas locales, posteriormente se inician adaptaciones de las todas las relaciones impulsadas principalmente por cuestiones económicas y a través de la interacción de múltiples tecnologías, por lo que no

son causados por la ruptura de una tecnología, sino por las secuencias de múltiples innovaciones.

Es decir, se da una especie de simbiosis entre sistemas tecnológicos (Bellandi y Caloffi, 2010), en donde no se sustituyen, ni es mejor uno u otro, si no que se mantiene y evolucionan de manera continua y paralela en los territorios. Esa interacción permite la reconfiguración necesaria para adaptarse a las condiciones locales y encontrar cierta estabilidad. En este caso, se inició como parte de la intervención pública sobre la promoción de la agricultura protegida y su éxito dependió de las relaciones apropiadas entre los actores claves (actores que tienen competencias diferentes, pero que comparten un lenguaje común capaz de movilizar información a escala local y regional).

La construcción genealógica del cambio tecnológico desarrolla elementos que posibilitan la identificación de los actores líderes, aquellos los más referenciados, que son quienes desarrollan estrategias territoriales ante el contexto globalizado predominante. En este sentido, las genealogías observadas sugieren que la tecnología se introduce, adapta y se reproduce en los territorios a partir de dos fuentes de naturaleza distinta. De un lado, a partir de un proceso de acumulación y recreación de los saberes locales que se nutre de las experiencias de vida (por ejemplo del manejo de recursos naturales locales e intercambios tecnológicos de agricultor a agricultor), tanto del núcleo que integra la familia campesina ampliada, como del mismo agricultor quien lo instrumenta y difunde a sus familiares o a otros agricultores locales. De otro lado, por diferentes agentes innovadores relacionados con universidades e instituciones de gobierno; de igual forma, por intermediarios comerciales o proveedores de insumos productivos.

Es claro que las familias estudiadas mantenían y mantienen una estrecha relación con extensionistas e instituciones públicas. Destaca en este sentido el papel de los extensionistas, ya que estos intermediarios no solo interactuaron en una relación de uno a uno, sino más bien tienden a integrar los sistemas de innovación Howells (2006) y facilitan la interacción de los actores interesados

en el cambio tecnológico y la innovación (Klerkx, Hall, y Leeuwis, 2013).

La importancia del liderazgo tecnológico en el territorio ejercido por algunos miembros de estas familias radica en que a partir de ahí se da la posibilidad de la permanencia productiva; de la multiplicidad tecnológica (repetición) y su cambio o transformación (diferencia), así como en la integración de nuevos actores que posteriormente van a fortalecer las redes sociotécnicas.

También, permiten observar, de manera incipientes tal vez, el surgimiento de redes de conocimiento (Casas, 2001; Luna, 2003) o una especie de modelo de desarrollo cercano a la llamada triple hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Leydesdorff y Etzkowitz, 1996) aspectos presentes en la conformación del sistema familiar local, aunque en ese momento, desarrolladas de manera indirecta. Este sistema de tres componentes, aún incipiente, sugiere que de manera conjunta Universidades-Empresas-Gobierno fueron configurando un proyecto territorial.

Uno de los aspectos más importantes que detona estos procesos de constante cambio y transformación es la traducción, categoría entendida como el desplazamiento, derivación, invención o mediación (Latour, 2001) realizada por los extensionistas.

En relación a las redes sociotécnicas, se observa que hay una tendencia a aumentar su tamaño, con un énfasis en actores externos al territorio. Es importante destacar que las redes que se configuran son muy dinámicas e integran actores locales indispensables en la construcción y consolidación del desarrollo económico y sobretodo en la adaptación de las tecnologías a los territorios. Además, actores externos que son quienes se encargan de difundir nueva información y tecnología y el diálogo e interacción de estos dos elementos estimulan la expansión y diversificación de la base económica territorial.

En este caso en particular, la red sociotécnica se caracteriza por su amplitud, heterogeneidad y la clara articulación entre actores. Sin embargo, a pesar de que las acciones de cooperación y coordinación entre ellos son pocas y

esporádicas, ésta red actúa como un colectivo. Es decir, los actores se están volviendo conscientes de sus estructuras de comunicación y de los problemas que enfrentan y comienzan como lo menciona Grossetti (2009) a trazar fronteras en torno a su situación.

Es evidente que estas redes no se desarrollan y evolucionan de forma aislada sino interconectadas y dependientes unas de otras en sistemas compartidos. En este caso éstas se apoyan y aprovechan la experiencia de su integrantes, de sus vínculos con los proveedores, instituciones de gobierno e instituciones educativas (Freeman, Clark, y Soete, 1982). Estas interacciones y articulaciones son las que van gestionando y configurando los sistemas de innovación a manera de lo expresado por Freeman (1995) y Lundvall (1992) o sistemas socio-técnicos (Geels, 2004). De esta forma se van creando estas redes que cooperan para el desarrollo de los sistemas de producción.

En este caso, quien destaca es el papel del extensionista como gestor sistémico (Howells, 2006; Klerkx *et al.*, 2013) dado que se encarga de la mediación y armonización de procesos y de la creación de vínculos y relaciones entre los actores (instituciones públicas, universidades, proveedores, agricultores y el Actor-Red). Estos resultados coinciden con los encontrados por Minh *et al.* (2014), quienes mencionan que los extensionistas son actores estratégicos en el sistema, es decir, interactúan en los procesos de investigación, en la formación de nuevas reglas y roles con los actores locales e incluso pueden influir un cambio institucional en el sistema de gobierno.

Los nodos que se crean entre el Actor-Red y las entidades emergentes a su vez se encuentran ligados unos con otros, y parecen extenderse por todas partes, de manera similar a lo encontrado por Arellano (1998). Esto sugiere pensar en una entidad global que no obstante permanece local. Coincidiendo con Arellano y Ortega (2005), una red es una conexión a otra estructura interesada en el proceso y se rompe con la idea de distancia y de proximidad, y permite aludir a las asociaciones y conexiones de los actores a todos los niveles.

De esta forma, se evidencia como el sistema de producción atrae y genera más Actores-Red para su permanencia y reproducción. Esto es una clara evidencia de lo que menciona Latour (2001), como la proliferación de actores humanos y no humanos en los procesos tecnológicos. La evaluación del sistema de innovación como un sistema sociotécnico permite identificar a mayor profundidad como se desarrolla el cambio tecnológico e innovación (Fuenfschilling y Truffer, 2014). Para este caso, los que requieren el sistema producción y de esta manera se reconfigura el territorio con una tendencia clara hacia la especialización agrícola regional y en inevitable pensar a futuro en la co-innovación como base para la estabilidad del sistema y la sustentabilidad tecnológica.

Es decir, es necesario pensar en el cambio tecnológico e innovación en los sistemas de producción agropecuarios como un proceso de aprendizaje colectivo de todos los actores involucrados, no como se un simple proceso de transferencia de tecnología. En este sentido, y con el fin de garantizar la pertinencia, adopción y adaptación de las innovaciones a los sistemas de producción es imprescindible pensar en desarrollar esquemas de participación que incluya a los investigadores, los agricultores, extensionistas, etcétera, en todas las etapas del proceso de innovación.

2. 6. Conclusiones

La trayectoria que ha seguido la agricultura protegida en la región de estudio se caracteriza por la acumulación de cambios tecnológico en los sistemas regionales de producción, en este caso desde la producción de maíz de temporal y la introducción de sistemas de riego hasta la construcción de invernaderos y la conquista de los mercados locales y regionales. Además, éstos se desarrollan integrados a procesos complejos, en los cuales la asimilación y creación de las tecnologías se interconecta a partir de sistemas impulsados y apoyados por las políticas de fomento del gobierno federal.

A través de la filiaciones tecnológicas desarrolladas a partir del método genealógico se observa como la tecnología se introduce, se adapta y se reproduce en los territorios por agentes innovadores con gran capacidad de absorción tecnológica que mantienen una estrecha relación con los centros de generación de tecnología (universidades) y las instituciones de fomento del Estado.

La red sociotécnica evolucionaron de un modelo muy sencillo hasta convertirse en una estructura compleja en componentes y funciones que se caracteriza por ser amplia, muy heterogénea y se observa una clara articulación entre actores. Además, mediante las acciones de cooperación y coordinación entre ellos, ésta red actúa como un colectivo. En este caso se destaca el papel del extensionista como gestor sistémico quien se encarga de la mediación y armonización de procesos y de la creación de vínculos y relaciones entre los actores (instituciones públicas, universidades, proveedores y el Actor-Red).

Es evidente que la tendencia hacia la especialización de la región permitió el desarrollo de la agricultura protegida. Sin embargo, para su permanencia es indispensable la búsqueda de nuevos mercados, la diversificación de productos y buscar nuevas formas de organización que permitan la integración a los mercados internacionales. Para lograrlo es necesario impulsar sistemas sociotécnicos o de innovación más inclusivos e interactivos. Además, se debe considerar la incidencia no solo en los aspectos técnicos sino también económicos y sociales, que generalmente no son tomados en cuenta.

Finalmente, es importante resaltar que la aplicación de la metodología propuesta para analizar los procesos de transferencia de tecnología e innovación, brinda la posibilidad de unificar la investigación. Es decir, permite entender, desde una perspectiva territorial, los procesos que impulsan el cambio tecnológico, los actores que introducen y transmiten la tecnología y las redes que se forman entorno a los sistemas de producción agrícola.

CAPÍTULO 3. FACTORES DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN Y EFICIENCIA EN SU ADOPCIÓN EN AGRICULTURA PROTEGIDA

3. 1. Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo identificar los factores que influyen en la adopción de innovaciones y su eficiencia en relación a la generación de valor en agricultura protegida en Hidalgo, México. Se aplicó un cuestionario semiestructurado a 59 agricultores con el que se recabó información de los distintos atributos que posee el agricultor (edad, años de escolaridad y de experiencia en la actividad), así como de sus unidades de producción (rendimientos obtenidos, superficie de producción, acceso al servicio de extensión, niveles de confianza, adopción de innovaciones e ingresos. Para analizar los factores que influyen en la adopción de innovaciones se construyó un modelo de regresión lineal múltiple. Respecto al análisis de la eficiencia se realizó un análisis de conglomerados jerárquico, en el cual se utilizaron como variables de agrupación los rendimientos obtenidos y el índice de adopción de innovaciones. Los resultados mostraron la influencia positiva de las variables confianza, extensionismo, tamaño y rendimiento sobre la adopción de innovaciones. También, se obtuvieron tres clústeres que presentaron comportamientos claramente diferenciados respecto a su proceso de adopción de innovaciones. Los resultados obtenidos indican que los agricultores del clúster 1 se caracterizan por un menor índice de adopción de innovaciones y por tener menores rendimientos e ingresos. Los del clúster 2 presentan mayor nivel de escolaridad y un mayor índice de adopción de innovaciones. En el clúster 3 los agricultores muestran más experiencia en la actividad y mayores rendimientos e ingresos. Los resultados de la prueba de chi-cuadrada muestran una relación entre la presencia servicios de extensión y los mayores rendimientos e ingresos conseguidos por los agricultores de los clústeres 2 y 3. Los resultados permiten afirmar que la eficiencia en la adopción de innovaciones se encuentra relacionada con la escolaridad de los agricultores, la

experiencia en la actividad y la disponibilidad del servicio de extensión.

Palabras clave: Análisis multivariado, cambio tecnológico, confianza, servicios de extensionismo, tecnología.

3. 2. Introducción

El rápido aumento de la población y su demanda de alimentos ejercen una presión cada vez mayor sobre el medio ambiente y los sistemas de producción. Tal situación incrementa la competencia por la tierra, el agua, la energía y su sobreexplotación, afectando la capacidad de los sistemas agrícolas para producir alimentos; de ahí la necesidad urgente de reducir el impacto de los sistemas agroalimentarios en el medio ambiente (Godfray, Beddington, *et al.*, 2010). En este escenario, aumentar la producción de alimentos de manera eficiente y sostenible sólo se podrá conseguir con la suficiente voluntad política y utilizando de manera apropiada las tecnologías actuales (Godfray, Crute, *et al.*, 2010).

Una de las tecnologías viables para mejorar la eficiencia en la producción de alimentos es la agricultura protegida o de ambientes controlados. Esta se puede definir como un sistema de producción que permite manejar las condiciones ambientales y minimizar otros riesgos (plagas y enfermedades) para el buen desarrollo de los cultivos. De esta manera es posible incrementar la productividad en cantidad, calidad y oportunidad comercial (Bastida, 2008; Castañeda-Miranda *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2011). En este sentido, se pueden aumentar los rendimientos a más del 200% dependiendo del cultivo (SIAP, 2013), además permite hacer uso más eficiente de agua, fertilizantes y agroquímicos (García *et al.*, 2011). Por lo que se cree que la meta actual de alcanzar y mantener una agricultura sostenible implica un conocimiento profundo de estos sistemas de producción (Vargas-Canales *et al.*, 2014).

En México, la agricultura protegida se ha extendido rápidamente en las últimas dos décadas y se ha constituido como uno de los componentes más promovidos en los programas gubernamentales al considerarse una estrategia viable para impulsar el incremento de la productividad en el sector agrícola. Para 1980 el área destinada para este tipo de tecnología era de sólo 300 hectáreas; mientras que en 2010 la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012), reportó hasta 11,760 hectáreas, y para el 2013 registra que en México existen 19,985 unidades de producción en sistemas protegidos (SIAP, 2013). Sin embargo, no se tienen datos precisos de la superficie nacional cultivada bajo estos sistemas (García *et al.*, 2011) ni de sus procesos de manejo, administración, inserción al mercado y de transferencia de tecnología e innovación, situación que se agrava en los estados que destinan su producción al mercado interno como son Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y Oaxaca, lo que impide desarrollar estrategias que disminuyan la incertidumbre en esta actividad.

Pese a su gran dinamismo, es preciso señalar que la construcción y manejo de estos sistemas presentan algunos inconvenientes entre los que destacan: elevados costos de las estructuras, alto grado de especialización de los productos y servicios que demandan y gran dependencia del mercado por tratarse de productos altamente perecederos (Pacheco y Bastida, 2011). Esto sugiere que existe la necesidad de impulsar un programa de extensionismo agrícola basado en el dialogo entre actores que articule a la red de instituciones con la finalidad de que interaccionen, modifiquen y difundan nuevas tecnologías; es decir, mejorar el funcionamiento del sistema regional de innovación (Cooke, Uranga, y Etxebarria, 1997). O como plantea Hekkert *et al.* (2007), los sistemas de innovación son dinámicos (en constante reconfiguración), por lo que de resultar necesario, se podría gestar uno nuevo.

El no considerar lo anterior ha llevado a que el 39% de los invernaderos se encuentren inactivos o abandonados y el 19% con un bajo nivel de productividad (Aguilar *et al.*, 2013), lo que implica una pérdida considerable del gasto público invertido en esta actividad, ya que la mayoría de los invernaderos

en el país han sido subsidiados por el Gobierno. Dada la problemática descrita, se hace necesario explicar los factores que influyen de manera significativa en la adopción, adaptación y uso eficiente de la agricultura protegida.

Las investigaciones sobre innovación por los general son de tipo descriptivo, básicamente teóricas o conceptuales, y por lo regular, carecen de evidencia empírica. Tampoco plantean recomendaciones para orientar el desarrollo tecnológico de las empresas si se quieren asumir nuevos retos en el ámbito de la competitividad. En adición a esto, la mayoría de los estudios sobre innovación han tomado como unidad de análisis a grandes empresas, y en muchos de los casos han omitido a las medianas y pequeñas. Además, los estudios que abordan los procesos de cambio tecnológico e innovación en el sector agrícola son escasos.

Las pequeñas empresas en los países subdesarrollados presentan una gran vulnerabilidad en el fomento de actividades sobre ciencia, la tecnología y la innovación. Esto se puede explicar debido al entorno en el que se producen las actividades, que es muy diferente a la de las economías desarrolladas (Barragán-Ocaña y del-Valle-Rivera, 2016). La innovación en el sector agrícola y la identificación de los aspectos que la determinan son un desafío que en la actualidad enfrenta la sociedad, debido, principalmente, a que ésta es considerada la piedra angular en el mejoramiento de la competitividad, el crecimiento económico sostenido y la elevación de los niveles de desarrollo en el sector empresarial.

Aunque la generación de innovaciones tecnológicas en el rural contexto no es un fenómeno sistemático, hay importantes esfuerzos que permiten ver cómo la adopción o ausencia de diferentes innovaciones en la agricultura pueden fomentar o dificultar el desarrollo de las regiones, ya que, por una parte, estas innovaciones pueden ayudar a que la producción agrícola sea más eficiente y eficaz y podrían generar mayores beneficios en diversos grados o integrar un mayor valor a los productos (Aguilar-Gallegos, Muñoz-Rodríguez, Santoyo-Cortés, Aguilar-Ávila, y Klerkx, 2015; Ayala-Garay, Almaguer-Vargas, De la

Trinidad-Pérez, Caamal-Cauich, y Rendón-Medel, 2009; Díaz-José, Aguilar-Avila, Rendón-Medel, y Santoyo-Cortés, 2013; Zarazúa, Solleiro, Altamirano, Castañón, y Rendón, 2009).

Además, diversos estudios han encontrado que los bajos niveles de productividad, así como la ineficiencia de las unidades de producción agrícola pueden explicarse, en parte, por el desconocimiento de las tecnologías (Aguilar, Muñoz, Santoyo, y Aguilar, 2013; Hartwich, Monge, Ampuero, y Soto, 2007; Lowitt *et al.*, 2015) y de su manejo. Sobre el asesoramiento técnico agrícola se ha encontrado que detona una cadena de impactos positivos (Meredia *et al.*, 2000), como el aumento en los rendimientos, calidad de los productos y el comportamiento innovador de los productores (Birner *et al.*, 2009). El servicio de extensionismo agrícola para pequeños productores ya sea público, privado o vinculado a proveedores de insumos (Klerkx y Jansen, 2010), ha demostrado ser una fuente importante en la promoción y adopción de nuevas tecnologías o mejores prácticas de manejo (Rogers, 2003).

En este sentido, el objetivo de la presente investigación fue identificar los factores que explican la innovación a nivel de agricultor y analizar los que influyen en la eficiencia en la adopción de innovaciones relacionadas con la generación de valor en agricultura protegida en Hidalgo, México, a fin de proponer estrategias de gestión. Para la presente contribución se entiende a la eficiencia en el uso y adopción de innovaciones como la capacidad de obtener mayores rendimientos e ingresos derivados del proceso de incorporación de innovaciones y de la minimización del riesgo inherente.

Finalmente se parte de la idea que la competitividad alcanzada por ciertas zonas geográficas se debe a un fuerte componente innovador de parte de las empresas que ofrecen productos y/o servicios agrícolas, el cual es fomentado por dos factores básicos: a) mediante la aplicación de programas gubernamentales de apoyos a su instrumentación y, b) por ambientes de creciente competencia en el mercado, los cuales tienden a estimular la mayor y

más rápida incorporación de cambios tecnológicos a la estructura productiva de la empresa.

3. 3. Marco conceptual

Desde principios del siglo XXI, la innovación y el cambio tecnológico se consolidó como el principal instrumento para impulsar el crecimiento de la productividad, la competitividad internacional y el aumento de los niveles de vida (Wynarczyk, Piperopoulos, y McAdam, 2013). Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones se centran en empresas de alta tecnología, pocos son los estudios que analizan agricultores y son muy escasos los que analizan la agricultura protegida. A continuación se describen algunos planteamientos sobre como abordar el análisis de la innovación y el cambio tecnológico en el sector agropecuario y sobre los factores que en ellos influyen.

3. 3. 1. Cambio tecnológico e innovación en el sector agropecuario

Los estudios de innovación agrícola se enfoca en el análisis sobre generación de tecnologías y prácticas nuevas o mejoradas (Klerkx, Aarts, y Leeuwis, 2010). Este trabajo centra su atención en la adopción y adaptación de tecnologías y prácticas nuevas o mejoradas (Hermans, Stuiiver, Beers, y Kok, 2013). En este sentido, se entiende al cambio tecnológico e innovación como la incorporación en los sistemas de producción de nuevas tecnologías donde se incluye a los artefactos tecnológicos (por ejemplo tractores, sopladoras, aspersoras, etcétera.), nuevas o distintas técnicas (como los procesos de fertilización, polinización, podas, etcétera) y los diferentes conocimientos (Cáceres *et al.*, 1997; Custer, 1995; Dorfman, 1993) relacionados con los procesos de producción; también, las formas de organización (ya sea en la producción o comercialización), e incluso, a las normas (OECD, 2005; Thomas, 2010) que rigen los sistemas agroalimentarios.

El análisis de la adopción tecnológica por lo general se aborda desde una

perspectiva de empuje tecnológico y se estudia a los innovadores en términos del tiempo transcurrido en adoptar (por ejemplo los primeros adaptadores y adoptadores tardíos) (Rogers, 1995); esto se hace basado en un enfoque de difusión de arriba hacia abajo, es decir, considerando que la innovación y la tecnología son las adecuadas (Gilles, Thomas, Valdivia, y Yucra, 2013). Sin embargo, la disponibilidad de recursos y el ambiente crean sistemas de producción diferentes y la adopción esta condicionada por la negociación entre los distintos actores, el ambiente e innovaciones tecnológicas hasta lograrse su adaptación. En algunos casos los productores pueden adoptar una tecnología o práctica y luego dejar de usarla y retomarla nuevamente dado que se convierte en útil dadas las circunstancias (Kiptot, Hebinck, Franzel, y Richards, 2007); lo cual depende, principalmente, del comportamiento de los mercados en los que operan.

Por lo general tecnología que se genera desde la investigación se considera una innovación terminada que puede ser utilizada inmediatamente; sin embargo, esto sólo ocurre cuando es adoptada por los agricultores en su sistema de producción y proporciona un valor (Leeuwis y Van den Ban, 2004). Es decir, las innovaciones tecnológicas todavía puede requerir una mayor adaptación para ajustarse a su sistema de producción, complementarse con innovaciones generadas por los propios agricultores o desarrollarse de manera conjunta (Douthwaite, Keatinge, y Park, 2001; Garb y Friedlander, 2014; Millar y Connell, 2010; Novo, Jansen, y Slingerland, 2015), en este proceso juega un papel fundamental el diálogo entre actores y la traducción tecnológica.

Un elemento esencial en la adopción de tecnologías y prácticas que no son incrementales ni fáciles de integrar en los sistemas de producción existentes, es la reconfiguración de los marcos institucionales (por ejemplo, normas, reglamentos, costumbres, valores) (Hounkonnou *et al.*, 2012; Klerkx *et al.*, 2010; Muñoz, Altamirano, Aguilar, Rendón, y Espejel, 2007). La innovación no es solo destrucción creativa en sentido schumpeteriano, sino también reconfiguración social de conocimientos, artefactos y actores (Köhler y Begega, 2014) hasta llegar a su completa adaptación. Es este sentido, en este trabajo se

considera a la innovación (la incorporación de nuevas tecnologías o mejores prácticas de manejo) cómo las estrategias que adoptan los agricultores para ser más eficientes y competitivos, dado que posibilita un mejor aprovechamiento de las oportunidades que les garantizan mayor productividad y crecimiento, con lo que incrementan su rentabilidad en los mercados en que operan.

3. 3. 2. Factores que influyen en el cambio tecnológico e innovación

Un aspecto que sobresale es que la obtención de mayores beneficios económicos es un factor determinante en la adopción de innovaciones. Al respecto varios autores coinciden en que los agricultores esperan maximizar su utilidad mediante la incorporación de innovaciones y que el interés por adoptarlas dependerá de los beneficios esperados de su integración (Feder y Umali, 1993; Guardiola, Díaz-Guilera, Pérez, Arenas, y Llas, 2002; Marra, Pannell, y Abadi, 2003). Sin embargo, a pesar de que los beneficios económicos que aporta el cambio tecnológico y la innovación son importantes, otros autores destacan que los procesos psicológicos y de comportamiento más allá de la maximización de la utilidad, también desempeñan un papel fundamental (Jansen, Steuten, Renes, Aarts, y Lam, 2010; Leeuwis y Van den Ban, 2004; Meijer, Catacutan, Ajayi, Sileshi, y Nieuwenhuis, 2014; Pannell *et al.*, 2006).

Se han realizado diversos estudios sobre los factores que influyen en la adopción de tecnologías y prácticas, en relación con las características de los productores, procesos de producción y la disponibilidad de recursos (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2015; Lowitt *et al.*, 2015; Pannell *et al.*, 2006; Spielman, Davis, Negash, y Ayele, 2011). Por ejemplo, en un estudio sobre la eficiencia de unidades de producción de hortalizas, se encontró que la edad del productor y el tamaño de la explotación es una variable positiva que determina su eficiencia y las unidades de producción más eficientes generan mayores ingresos (Bozoğlu y Ceyhan, 2007). También, Martínez-González *et al.* (2011) indican que la experiencia de los productores es un factor positivo en el dinamismo y

éxito de las unidades de producción ovina.

A su vez, Aguilar *et al.* (2013b) encontraron relación en cuanto a la edad del productor, nivel de escolaridad, experiencia, tamaño de las unidades de producción, con los niveles de adopción de innovación en plantaciones de cacao, hule y palma de aceite. En otras investigaciones (Avilez *et al.*, 2010; Jara-Rojas, Bravo-Ureta, y Díaz, 2012; Mariano, Villano, y Fleming, 2012) se ha observado que las unidades de producción de mayor tamaño, en diferentes actividades, se asocian con un mayor rendimiento de la producción, una mayor adopción de buenas prácticas, niveles más altos de tecnología y mayores ingresos. Vargas *et al.* (2015) hallaron influencia positiva del tamaño de las unidades de producción, con relación a la adopción de innovaciones en agricultura protegida, debido tal vez, a su mayor capacidad para invertir en nuevas tecnologías.

En cuanto a la difusión de innovaciones, Monge y Hartwich (2008) señalan la importancia de los extensionistas en este proceso. Por ejemplo Friederichsen *et al.* (2013) destaca como el elemento central el extensionismo debido a los vínculos que desarrolla entre las empresas públicas y privadas que son quienes configuran los sistemas de innovación agrícola. Es importante resaltar que los servicios de extensión agrícola son el resultado de factores históricos y políticos, por lo cual están sujetos a procesos de cambio que le dan nuevas formas, funciones y dimensiones. Sin embargo, en cualquiera de los casos se trata de transferencia de tecnología e información, asesoramiento técnico y facilitación e intermediación (Christoplos, Sandison, y Chipeta, 2012).

También Oreszczyn *et al.* (2010) han encontrado que los agricultores en la toma de decisiones sobre la adopción de nuevas tecnologías, influye un conjunto relativamente estable de la red de actores y que son especialmente importantes los extensionistas, debido a que son capaces de cruzar las fronteras entre redes y comunidades de práctica. El servicio de extensión agrícola para pequeños productores ya sea público, privado o vinculado a proveedores de insumos (Klerkx y Jansen, 2010). Mientras que los extensionistas son

importantes, no podemos dejar a un lado la influencia que otros agricultores y proveedores de insumos tienen en la difusión de información (Sligo, Massey, y Lewis, 2005; Solano *et al.*, 2003; Thuo *et al.*, 2014; Wood *et al.*, 2014).

Otros estudios han mostrado los efectos de la interacción de productores con extensionistas en materia de adopción de innovaciones. Mariano *et al.* (2012) encontraron que los productores que tiene acceso a los servicios de extensionismo aumentaron la adopción de prácticas innovadoras. Isaac (2012) encontró que estos agentes introducen nueva información al productor, lo que estimula el aumento de la adopción de innovaciones. Por su parte, Spielman *et al.* (2011) encontraron que el extensionismo integra nuevos actores y con ello se amplían los procesos de innovación que surgen de la interacción entre una mayor diversidad de actores.

Otro aspecto importante es la confianza, factor que influye en el desarrollo exitoso de las relaciones y de la adopción de innovaciones. Esto adquiere mayor relevancia cuando las principales fuentes de información son otros agricultores y extensionistas. Al respecto, Valenzuela y Contreras (2013) plantean que la confianza influye en el aprendizaje y que conforme más se aprende, más se hace innovación.

3. 4. Metodología

3. 4. 1. Localización

La información que sustenta la presente contribución tuvo como referente empírico 59 agricultores en los municipios de Acaxochitlán, Acatlán, Huasca de Ocampo, Metepec y Tulancingo de Bravo, mismos que concentran la mayor superficie de producción de jitomate en invernadero en el estado de Hidalgo.

3. 4. 2. Compilación de datos y variables de estudio

El trabajo de campo consistió en la aplicación de encuestas semiestructuradas, realizadas durante el 2013. Para el diseño de la encuesta se consideraron las

características de la región y de los sistemas de producción. Previo a su aplicación en campo se realizó una prueba piloto que permitió su adecuación a las especificidades de los agricultores. En ésta se incluyeron tres secciones; la primera se centró en los atributos del encuestado y de las unidades de producción (edad, años de escolaridad y de experiencia en la actividad, rendimientos obtenidos, superficie de producción, acceso al servicio de extensionismo e ingresos). La segunda se refirió al proceso de producción, desde la siembra hasta la comercialización, lo que permitió construir un índice de adopción de innovación. La tercera sección se orientó a evaluar los aspectos relacionados con la confianza, lo que fue la base para la construcción del índice para medir este atributo.

En relación con el acceso a los servicios de extensionismo se utilizó el planteamiento de Christoplos *et al.* (2012) y se indagó sobre si reciben asesoramiento técnico en sus procesos de producción, si reciben información sobre nuevas tecnologías o prácticas y si facilita el acceso a información de servicios relacionados con el sector (precios de mercado, eventos demostrativos, laboratorios de análisis, subsidios, créditos, etc.).

La selección de las unidades de información se realizó por muestreo no probabilístico, técnica ampliamente utilizada por investigadores para seleccionar unidades o porciones representativas o típicas cuando se carece de información sobre el universo muestral, según el criterio del experto; en función de determinadas características (Muñoz *et al.*, 2004; Pimienta, 2000), en este caso se definió como criterio la permanencia en la actividad; es decir, se encuestó a la mayor cantidad de empresas en la región que se encontraban activas u operando mediante el método de bola de nieve.

3. 4. 3. Diseño, construcción y cálculo del índice de adopción de innovaciones

Con la información sobre las innovaciones instrumentadas por el agricultor, se construyó un índice de adopción de innovaciones. Éste se calculó adaptando la

metodología descrita por Muñoz *et al.* (2007a), a partir de la integración de un catálogo de innovaciones y buenas prácticas de producción y manejo desarrolladas por el agricultor. Este catálogo se adaptó a las cuatro categorías de innovación consideradas en el Manual de Oslo (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OECD) & OECD, 2005): proceso, producto, mercado y organización.

En la categoría de proceso se consideró el manejo general de los invernaderos (control de condiciones climáticas, funcionamiento de los sistemas de ventilación, calefacción, riego y monitoreo de las instalaciones), manejo de la nutrición y sanidad del cultivo, la realización de pruebas con nuevos insumos y la disposición de los agricultores para invertir en la innovación de proceso. La categoría producto se enfocó a identificar si se producía de manera orgánica, si se consideraban las preferencias del consumidor, la orientación del producto (para la industria o consumo en fresco), vida de anaquel y la disposición a invertir en esta área.

Respecto a la categoría de mercado se le dio énfasis a las estrategias comerciales implementadas por el agricultor en cuanto a planes de ventas y/o contratos de compra venta, exploraciones de nuevos mercados, análisis de precios de los mercados, empaques para la comercialización, marcas, logotipos y su disposición a invertir en esta área. En la categoría organización se valoró si existía una estructura formal de administración, asesoría con respecto a esta área, la existencia de planes de capacitación, el control administrativo (registros, uso de bitácoras y manuales de procedimientos), las alianzas estratégicas con otros agricultores y la disposición a invertir en esta área.

Para cada categoría se utilizó una escala de Likert con un rango de valores entre uno y cinco para identificar el grado de adopción de innovaciones. Con lo cual se desarrolló un cociente que se obtuvo mediante la suma total de los valores obtenidos en cada reactivo y se dividió entre el valor máximo a obtener de acuerdo a la escala, para ser analizada como una variable continua.

3. 4. 4. Diseño, construcción y cálculo del índice de confianza

Para analizar la variable confianza se adaptaron las dimensiones propuestas por Luna y Velasco (2005), por lo que se clasificó en tres niveles que van desde la confianza técnica (relaciones comerciales con proveedores y extensionistas), confianza interpersonal (relaciones horizontales entre agricultores) y confianza estratégica (relaciones con instituciones). Para obtener el índice de confianza se utilizó una escala de Likert con un rango de valores entre uno y cinco. Con lo cual se desarrolló el índice que se obtuvo mediante la suma total de los valores obtenidos en cada reactivo y se dividió entre el valor máximo a obtener de acuerdo a la escala, para ser analizada como una variable continua.

3. 4. 5. Especificación de modelo econométrico

Para encontrar el nivel de influencia de los factores considerados en la revisión (variables explicativas de la innovación) sobre el comportamiento de los agricultores en cuanto a la adopción de innovaciones se estableció un modelo de regresión lineal donde esta característica se asumió como la variable dependiente (índice de innovación).

El modelo propuesto consideró evaluar el efecto de cuatro variables explicativas para quedar especificado de la siguiente manera:

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 D_i + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + u_i$$

En la cual Y_i : es la variable dependiente o de interés "índice de adopción innovaciones", X_1 : es superficie de producción de la unidad de producción en m^2 , X_2 : es rendimiento en kg/m^2 ; X_3 : es índice de confianza, D_i : es acceso a servicios de extensionismo con valores de 1 si recibe y 0 si no recibe.

Asumiendo la esperanza matemática se definen las siguientes ecuaciones:

$$E(Y_i | X_i, D_i = 0) = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + u_i$$

$$E(Y_i | X_i, D_i = 1) = (\alpha_0 + \alpha_1) + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + u_i$$

3. 4. 6. Análisis de la información

Para la sistematización de los datos obtenidos se construyó una base de datos utilizando el software Excel[®]. El análisis incluyó 59 casos y se consideraron variables cuantitativas como son la edad en años, escolaridad en años, experiencia en la actividad en años, superficie de producción en m², rendimiento en kg m⁻² y el índice de confianza y cualitativas extensionismo (con y sin acceso al servicio). Posteriormente, se realizó un análisis de la estadística descriptiva de los distintos atributos. Para la construcción y evaluación del modelo de regresión lineal múltiple se empleó el programa Statistical Analysis System[®] (SAS), a través de un ANCOVA con el procedimiento PROC GLM.

Para analizar la eficiencia en adopciones se utilizó el programa SPSS[®]. Se realizó un análisis de conglomerados a 58 casos con la finalidad de generar una tipología de agricultores, para la cual se utilizaron algoritmos jerárquicos acumulativos como método de clasificación; se tomó como medida de distancia la euclídea al cuadrado y como método de enlace el de vecino más lejano, análisis que se ejecutó con datos normalizados, lo que evita inconsistencias por diferencias de escalas (Hair, Anderson, Tatham, y Black, 1999). Esta técnica multivariante permite, mediante algoritmos matemáticos, definir conglomerados de operadores más o menos homogéneos sin fijar a priori su número (Pérez, 2004). Después se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias Scheffé entre clústeres, dicho procedimiento se aplica a modelos no equilibrados, como es el caso.

Para el análisis del servicio de extensión se realizó el contraste estadístico chi-cuadrada para determinar la dependencia con cada Clúster formado. Esta prueba permite determinar si existe una relación entre dos variables categóricas y se partió del supuesto que la variable extensionismo es independiente de los grupos formados. Es necesario resaltar que esta prueba indica si existe o no una relación entre las variables pero no señala el grado o el tipo de relación; es decir, no indica el porcentaje de influencia de una variable sobre la otra o la variable que causa la influencia (Hair *et al.*, 1999; Tinoco, 2008); no obstante,

permite identificar si existe relación entre la presencia del extensionismo y los grupos definidos.

3. 5. Resultados y discusión

La agricultura protegida como actividad se inició en la región a finales del año 90 y ha experimentado desde entonces un rápido crecimiento, tanto en superficie como en número de agricultores. El total de las unidades productivas se dedican a la producción de jitomate tipo saladette que se comercializa en fresco en mercados locales y regionales. En la actualidad, la producción bajo invernadero es una de las actividades agrícolas más importante debido principalmente al número de empleos directos e indirectos que genera, lo que ha sido una pieza clave para el desarrollo de este territorio y que además ha contribuido a la reducción de los procesos de emigración.

Los estadísticos descriptivos para cada una de las variables consideradas presentan gran heterogeneidad (Cuadro 2). Respecto a la variable edad se encontraron agricultores desde los 24 hasta los 63 años y una media de 42.12, menor que la encontrada por Ortega-Martínez *et al.* (2014); en escolaridad se tienen desde un año hasta 17 años de estudios (principalmente ingenieros agrónomos) y una media de 9.22 superior a la encontrada por Ortega-Martínez *et al.* (2014) se seis años de escolaridad.

En experiencia destaca el mínimo (un año y un ciclo) hasta los 15 años que es, aproximadamente, el tiempo de introducción de esta tecnología en la región. En rendimiento se obtuvo como mínimo 10 y máximo 44 y una media de 21.31 kg m⁻² siendo similares a los encontrados por Ortega-Martínez *et al.* (2014), superiores a los encontrados por García *et al.* (2011) y menores a los considerados por Moreno *et al.* (2011) para considerar que los invernaderos sean rentables (rendimientos de 35 kg m⁻²). La superficie de producción resultó ser muy variable obteniéndose desde 600 hasta 15,000 m² siendo superiores a los reportados de García *et al.* (2011) para productores con características similares.

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de las variables analizadas.

Variab les	n	Mínim o	Máxim o	Media	Desv. típ.	Varianza
Edad	59	24	63	42.12	9.58	91.76
Escolaridad (años)	59	1	17	9.22	3.86	14.93
Experiencia (años)	59	1	15	5.34	3.41	11.64
Rendimiento (kg/m ²)	59	10	44	21.32	6.55	42.88
Superficie de producción (m ²)	59	600	15000	3455.25	2586.65	6690766.74
Índice de adopción de innovaciones	59	0.40	0.83	0.59	0.08	0.01
Índice de confianza	59	0.30	0.90	0.68	0.11	0.01

Para el índice de confianza (con valores de 0 a 1) se obtuvo un mínimo de 0.30 y un máximo de 0.90. Por su parte, respecto al índice de innovación (también de 0 a 1), se obtuvo como valor mínimo 0.40 y como máximo 0.83. Con respecto a extensionismo el 76 % cuenta con ella (principalmente de proveedores de insumos).

3. 5. 1. Evaluación estadística del modelo econométrico

El estadístico de prueba F mostro que el modelo global es significativo al 1 % (Cuadro 3), mientras que el valor del coeficiente de determinación evidenció que aproximadamente el treinta por ciento de la variación de la variable dependiente puede ser explicada por la variación conjunta de las variables explicativas ($R^2=0.3023$), una vez descontado el efecto de la media. La prueba t de los estimadores indica que las variables independientes confianza, acceso a servicios de extensionismo, superficie de producción y rendimiento tienen un efecto significativo sobre el comportamiento de los agricultores en cuanto a la adopción de innovaciones.

Cuadro 3. Parámetros estimados para el modelo de regresión lineal múltiple.

	Estimadores	Error Std
Intercepto	0.2728*	0.0717
Índice de confianza	0.2609*	0.0872
Superficie de producción	0.0000085***	0.0000045
Extensionismo	0.0539**	0.0237
Rendimiento	0.0031***	0.0017
Sig.	0.0005	
R²	0.3023	

* Significancia al 10%, **Significancia al 5%, ***Significancia al 1%

Es importante destacar que los signos obtenidos en el modelo respecto a índice de confianza (+), superficie de producción (+), rendimiento (+) y extensionismo (+) corresponden a lo esperado de acuerdo a Buesa *et al.* (2002); Aguilar *et al.*, 2013b; del Águila y Padilla, 2010; Valenzuela y Contreras, 2013 y García *et al.* (2011) corroboran lo obtenido.

Se consideró esencial verificar, tanto los datos como el modelo para detectar o corregir las violaciones a los supuestos de la regresión lineal múltiple que pudieran afectar la calidad de los estimadores. Se consideraron pruebas de multicolinealidad y heterocedasticidad que a continuación se describen (en este caso no se realizó ninguna prueba para detectar autocorrelación dado que no se trata de series de tiempo).

Para detectar la presencia de multicolinealidad se realizaron regresiones lineales asumiendo consecutivamente cada variable independiente como dependiente del resto. Una vez obtenidos los coeficientes de determinación para cada regresión se asumió la regla de Klein (Gujarati y Porter, 2010) que indica la existencia de multicolinealidad si alguno de dichos coeficientes tiene

un valor mayor que el del modelo que se prueba. Como puede observarse en el Cuadro 4, ninguno de los coeficientes de determinación de las regresiones auxiliares es mayor que el del modelo global por lo que podemos argumentar que no existen problemas de multicolinealidad.

Cuadro 4. Coeficientes de determinación para las regresiones auxiliares.

Variable	R²
Superficie de producción o tamaño	0.0617
Rendimiento	0.0810
Índice de confianza	0.0989
Extensionismo	0.0500
Modelo global	0.3023

En cuanto a la evaluación de la heteroscedasticidad, se realizó la prueba de Glejser tomando como variable dependiente en el modelo de diagnóstico al valor absoluto de los residuales y como variables explicativas las mismas del modelo de regresión analizado sin ningún tratamiento adicional. Al respecto se encontró que el modelo construido no es significativo (Cuadro 5), por lo tanto se puede concluir que no existe heteroscedasticidad.

Cuadro 5. Prueba de Glejser para reforzar el análisis de heteroscedasticidad.

	Estimadores	Error Std
Intercepto	-0.026 ^{NS}	0.046
Índice de confianza	0.071 ^{NS}	0.056
Superficie de producción	-0.000 ^{NS}	0.000
Extensionismo	0.010 ^{NS}	0.015
Rendimiento	0.001 ^{NS}	0.001
Sig.	0.4531	
R²	0.0644	

NS: No significativo.

3. 5. 2. Evaluación económica

De las variables consideradas en el modelo destacan la influencia positiva de la confianza sobre los procesos de innovación, entendiendo la confianza como un conjunto de expectativas racionales positivas que se basan en la idea de la comprensión del interés del otro, y en cálculos que evalúan los costos y beneficios de ciertos cursos de acción, de quien es el que confía o de la persona en quien se confía (Gordon, 2005), resulta crucial la implicación que éste factor tiene sobre la innovación; de igual manera, en la toma de decisión (predisposición) para innovar.

Así mismo, dado que la información incompleta y asimétrica, influye en el desarrollo exitoso las relaciones, las innovaciones depende directamente del nivel de confianza que exista entre los actores involucrados, situación que se refleja claramente en los resultados obtenidos, donde se observa la influencia positiva sobre el índice de innovación, concerniente, principalmente, con la transferencia de conocimientos, en procesos de aprendizaje y favoreciendo la confianza hacia el extensionismo, obteniendo resultados similares a los de Valenzuela y Contreras (2013) quienes exponen que la confianza influye de manera positiva en el aprendizaje y que conforme más se aprende, más se hace innovación. La importancia de esta variable se hace evidente al comparar la magnitud de los parámetros estimados. El valor obtenido para la variable confianza es el más alto lo que implica que es el que puede explicar en mayor medida la adopción de innovaciones. De acuerdo al valor del parámetro estimado a un incremento del índice de confianza en una unidad le corresponde un incremento de 0.0989 en el índice de adopción de innovaciones, manteniendo constantes las otras variables. En otras palabras, aumentos del 10 por ciento en el índice de confianza generan incrementos del 1 por ciento en la adopción de innovaciones.

Con respecto a la superficie de producción (m^2) se encontró que tiene influencia positiva en el comportamiento innovador en las empresas de agricultura protegida, es decir, los agricultores con mayores superficies incorporan más

innovaciones. Esto puede explicarse en función de las evidencias de otros trabajos que han encontrado que una organización de tamaño grande puede tener una mayor necesidad de adoptar innovaciones que un agricultor más pequeño (del Águila y Padilla, 2010). Los estudios existentes en materia de innovación han descrito las diferencias de comportamiento entre empresas en función de su tamaño, llegando a la conclusión de que la estrategia innovadora implementada es distinta (González, Jiménez, y Sáez, 1997).

Por ejemplo, en agricultores minifundistas que desarrollan agricultura protegida, la ausencia de tecnología, infraestructura, capacitación y organización del capital humano, aumenta la vulnerabilidad de la estructura productiva en el ámbito social, económico y ante los fenómenos climatológicos. Aunque sus pérdidas económicas sean de un monto menor, la proporción del daño causado en su escaso capital es sumamente alta y no pueden adoptar el costo de la innovación y sobre todo, no pueden absorber el de un fracaso (Moreno *et al.*, 2011). En la innovación tecnológica una pequeña empresa establece relaciones con otras empresas, principalmente clientes y proveedores que participan en los procesos de innovación de manera directa o indirecta. Esas relaciones generan costos de transacción que van desde los simples costos de relaciones públicas hasta la participación de los socios en todo el proceso, desde el aprendizaje hasta la innovación (Valenzuela y Contreras, 2013).

Por lo que se refiere al servicio de extensionismo, en la agricultura protegida es un elemento imprescindible debido a que supone agricultores con capacidades y habilidades distintas a las características de los productores que trabajan de manera tradicional debido, principalmente, al alto nivel de especialización y capacitación en el manejo del cultivo. Esta situación puede agravarse en función del nivel tecnológico del invernadero, aspecto que hace necesaria la capacitación apropiada de quienes se encargan de su manejo y administración para su éxito (Moreno *et al.*, 2011). De ahí que, si se consideran las características de la agricultura protegida y las necesidades de capacitación, se supone al extensionismo como una variable primordial; es decir, como un factor nodal en el desarrollo de innovaciones en este tipo de agricultores.

La presencia del extensionismo sugiere ser un elemento clave para la innovación, confirmando lo que plantea Borra *et al.* (2005), que la capacitación y las características de la fuerza de trabajo pueden generar una mayor receptividad a la innovación. La antigüedad, el personal, su formación y edad y la experiencia en la actividad son elementos a considerar, ya que influyen en el comportamiento innovador de las empresa (del Águila y Padilla, 2010). De igual manera, el proceso innovador depende de la existencia de un capital humano adecuado, la existencia de una amplia y calificada oferta de recursos humanos, lo cual determinará la difusión y la asimilación de nuevas tecnologías; esta difusión sólo será posible si el capital humano está convenientemente preparado, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación.

En el contexto mexicano es extremadamente difícil obtener información económica de las empresas, y mucho más de los pequeños agricultores. De hecho, al contrario de los que ocurre en otras actividades, los estados contables de las empresas agrícolas son prácticamente inexistentes y en el caso de que existan son inaccesibles o mal organizados y son poco confiables. Ante esta situación, en esta investigación se ha optado por un enfoque subjetivo para explicar el comportamiento innovador, por lo que se considera como una variable importante el rendimiento en kg m⁻² de jitomate. En este enfoque, el rendimiento, interviene en un mayor número de innovaciones de productos y puede influir, también, en la gestión futura de la empresa y la conformación de ventajas competitivas en términos de productividad (Roper, 1997).

Derivado de lo anterior, se encontró en el rendimiento una influencia positiva en relación al comportamiento innovador, coincidiendo con Hsueh y Tu (2004), que encontraron que los emprendedores siguen los pasos de los demás, sino que continuamente están innovando y que esta innovación se refleja en el rendimiento. Por su parte Uc *et al.* (2008) en una investigación en pequeñas y medianas empresas encontró que el impacto más fuerte de la actividad de la innovación es en el crecimiento de las ventas, es decir, en los rendimientos de producción. Respecto a esta variable se encontró que ésta influye de manera positiva sobre el índice de innovación corroborando lo que indica Roper (1997)

y lo encontrado por Hsueh y Tu (2004) y Uc *et al.* (2008), en relación al rendimiento sobre la innovación.

Para el modelo planteado, puede resaltarse que la innovación está estrechamente relacionada con la transferencia de conocimientos (extensionismo) y con el índice de confianza, que se genera en el sistema de producción regional (entre los mismos agricultores, con proveedores e instituciones relacionadas con la actividad).

3. 5. 3. Tipología de agricultores: eficiencia en el uso y adopción de innovaciones

La aplicación del análisis clúster permitió crear una taxonomía de agricultores a partir de la eficiencia en el uso y adopción de innovaciones, se utilizaron como discriminantes dos factores: los rendimientos conseguidos y el índice de adopción de innovaciones, con lo que se formaron tres grupos (Figura 11).

3. 5. 3. 1. Clúster 1: agricultores con baja eficiencia en el uso y adopción de innovaciones

Este es el grupo más numeroso, está integrado por 43 empresas (74.1% del total) que presentan un comportamiento poco activo ante la innovación. A pesar de que el nivel de escolaridad en años no es el más bajo, si hubo diferencia significativa con el Clúster 2 (Figura 11).

El grupo se caracteriza por integrar agricultores con poca experiencia, además de ser los que han ingresado a la actividad en fechas más recientes. Sus rendimientos son bajos en comparación con los otros grupos (18.72 kg m⁻²), con respecto a los cuales diferencias significativas. Asimismo, el índice de adopción innovaciones resultó ser menor con respecto a los otros grupos estudiados; es decir, implementan en menor medida tecnologías y prácticas nuevas o mejoradas en sus sistemas de producción. En cuanto a superficies de producción y un nivel de confianza estas variables no presentaron diferencias

significativas.

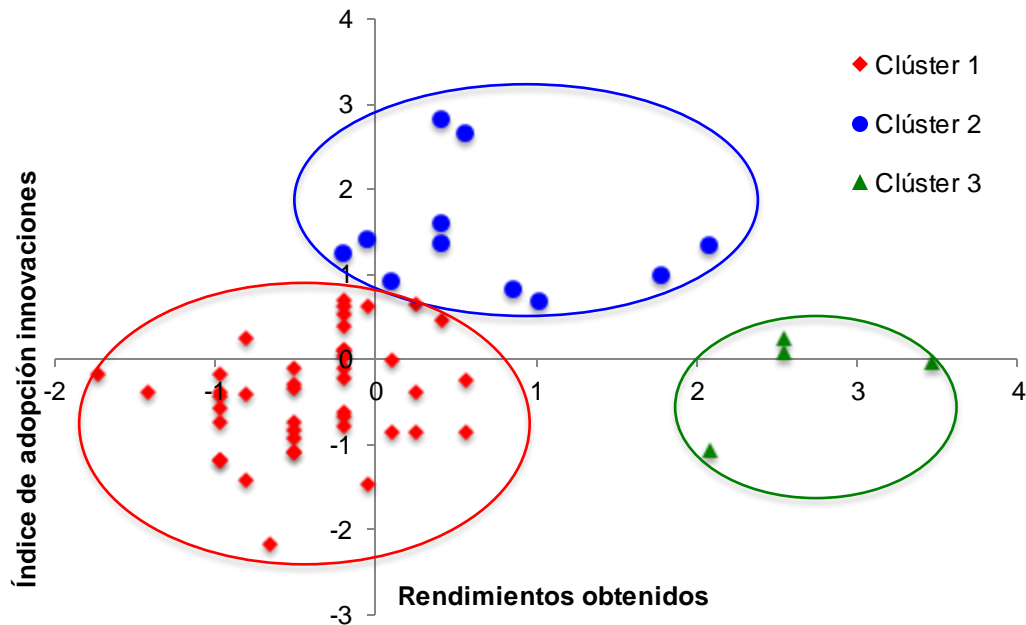


Figura 11. Tipología de agricultores conforme a rendimiento e índice de adopción de innovaciones.

3. 5. 3. 2. Clúster 2: agricultores con eficiencia media en el uso y adopción de innovaciones

Este grupo está integrado por 11 empresas (19% del total) que presentan un comportamiento muy activo ante la innovación. El nivel de escolaridad en años es el más alto, aunque, los resultados indican que hay diferencia significativa con el Clúster 1. Esto coincide con que presentan el índice de adopción innovaciones más alto (Cuadro 6), lo que puede sugiere que el nivel de escolaridad influye directamente con la propensión a integrar innovaciones en sus procesos. Este grupo se caracteriza por agrupar a los agricultores con menos experiencia. Los rendimientos que obtienen son medios en comparación con los otros grupos (25.73 kg m^{-2}), con los cuales existen diferencias significativas.

3. 5. 3. 3. Clúster 3: agricultores con alta eficiencia en el uso y adopción de innovaciones

Este grupo está integrado por 4 empresas (6.9% del total) que presentan una mayor eficiencia en cuanto al uso y adopción de innovaciones. Paradójicamente, es el que tiene los niveles más bajos de escolaridad, sin embargo, incluye a las empresas que tienen mayor experiencia en años en la actividad (Cuadro 6), lo que sugiere, que fueron las primeras en introducirla en la región.

Cuadro 6. Comparación de medias de los atributos de los agricultores basada en los Clústers formados.

Variables	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
No. de agricultores	43	11	4
Edad del agricultor	41.53 a	44.82 a	41.50 a
Escolaridad del agricultor (años)	8.60 ab	11.73 a	7.25 b
Experiencia del agricultor (años)	4.98 b	4.55 b	10.25 a
Rendimientos obtenidos (kg m ⁻²)	18.72 c	25.73 b	38.75 a
Superficie de producción (m ⁻²)	2,846.74 a	5,131.82 a	5,500.00 a
Índice de confianza	0.68 a	0.72 a	0.62 a
Índice de adopción de innovaciones	0.55 b	0.71 a	0.57 b

Medias con letras diferentes en las hileras indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$), de acuerdo a la prueba Scheffé.

Al mismo tiempo, destaca un comportamiento pasivo en cuanto al uso y adopción de innovaciones, ya que, su índice de innovación es bajo con respecto al Clúster 2. En contraste con lo anterior obtienen rendimientos superiores (38.75 kg m⁻²) a los otros grupos (Cuadro 6), situación que sugiere que la experiencia y las habilidades adquiridas en la actividad les permite identificar de

manera más eficiente las tecnologías y prácticas nuevas o mejoradas a incorporar en sus procesos.

3. 5. 4. Análisis del servicio de extensionismo

Al evaluar la relación del extensionismo (Cuadro 7) con la eficiencia en el uso y adopción de innovaciones, se utilizó la prueba de independencia de *chi-cuadrada*, se partió del supuesto que la variable extensionismo es independiente del tipo de Clúster. Los resultados obtenidos al realizar el contraste entre la influencia del extensionismo y los clústeres que se formaron, indican que es significativa al 5%, es decir, que existe una relación de dependencia entre la variable y los grupos en cuestión.

Cuadro 7. Prueba de chi-cuadrada entre el servicio de extensión agrícola basado en los clústeres formados.

	Valor	Grados de libertad	Sig. asintótica (bilateral)
<i>Chi-cuadrada</i> de Pearson	9.20 ^a	2	0.010
Razón de verosimilitudes	10.71	2	0.005
N de casos válidos	58		

a. 3 casillas (50,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 0.97.

Como se mencionó con anterioridad, este tipo de análisis no identifica el grado de influencia ni la relación entre ambas variables. Sin embargo, indica la dependencia de las variables con respecto a la eficiencia en el uso y adopción de innovaciones; lo cual, permite inferir que el servicio de extensión agrícola se relaciona en mayor intensidad con los clústeres 2 y 3. Es decir, éstos de agricultores tienen mayor acceso al servicio de extensionismo. Y también, con

instituciones educativas y del Estado, situación que genera un mayor flujo de información y que es un medio en la difusión de innovaciones.

3. 5. 5. Generación de valor de la adopción de innovaciones

En relación con el análisis sobre la generación de valor, los resultados indican que existen diferencias significativas (Figura 12), en cuanto a los ingresos obtenidos en la producción de jitomate en invernadero. Los agricultores pertenecientes al Clúster 3 son las que obtienen mayores ingresos (231.50 \$ m⁻²), seguidas por las que se encuentran en el Clúster 2 (154.36 \$ m⁻²) y las que obtienen los ingresos más bajos son las que pertenecen al Clúster 1 (112.32 \$ m⁻²), que en este caso son la mayoría.

Los resultados obtenidos sobre los ingresos están directamente relacionados con los rendimientos que obtienen los agricultores, y estos con la eficiencia en el uso y la adopción de innovaciones. En el Clúster 1 se encuentran los agricultores que incorporan menos innovaciones y obtienen menos ingresos, su comportamiento, probablemente, se explique por la necesidad de permanecer en el mercado minimizando los costos que implica incorporar innovaciones. En el Clúster 2, que se encuentra en un nivel intermedio, la incorporación de más innovaciones se encuentra influenciada por el mayor nivel de escolaridad, su actuación sugiere una lógica en la que se tratan de maximizar las utilidades. En el Clúster 3, la adopción de innovaciones está determinada por una mayor experiencia y dominio de la tecnología, por lo que presenta mayores ingresos y su conducta puede explicarse por que la experiencia le permite tomar mejores decisiones respecto a las innovaciones a incorporar, lo que deriva en la maximización de las utilidades de la incorporación de innovaciones.

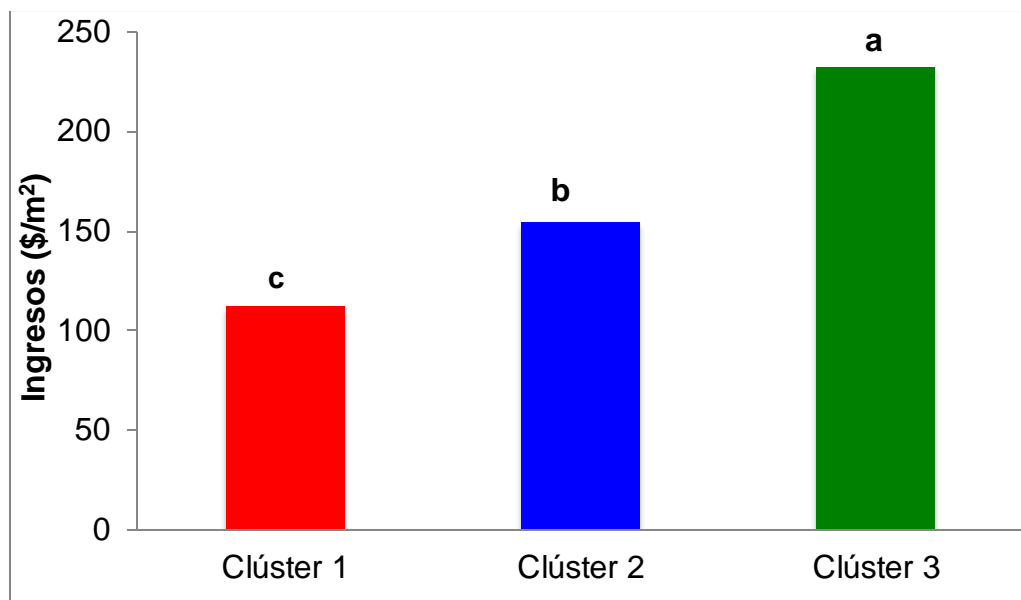


Figura 12. Comparación de medias de los ingresos, basada en los Clústeres formados. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$), de acuerdo con la prueba de Scheffé.

3. 6. Discusión

De los resultados obtenidos de esta investigación, se puede afirmar que la dinámica en la adopción de innovaciones encontrada entre los clústeres de agricultores muestra una dependencia con factores que coinciden con los encontrados en otros trabajos. Por ejemplo para Pannell *et al.* (2006) y Rogers (2003) la experiencia de los agricultores en el manejo de los sistemas de producción, así como la acumulación de conocimientos sobre su funcionamiento les permite identificar el tipo de innovaciones más pertinentes y discriminar su adopción. En este mismo sentido se puede afirmar que los factores anteriores han posibilitado el desarrollo de más habilidades y precisión en el manejo de la tecnología con la que cuentan; es decir, se han apropiado de ellas, la han adaptado y controlado. Esto coincide con lo descrito por Aguilar *et al.* (2013b) quienes encontraron relaciones positivas de esta variable en la adopción de innovación en productores de cacao.

Es posible que la importancia de la experiencia se deba, en mayor medida, a

las características y necesidades propias de la actividad. La agricultura protegida requiere de agricultores con capacidades y habilidades distintas a las características de los agricultores que trabajan de manera tradicional. En agricultura protegida los agricultores en general presentan un bajo nivel de su curva de aprendizaje (García *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2011), debido que las condiciones en las que se desarrollan los ciclos productivos son muy cambiantes y los problemas que se presentan son muy diversos (competencia, fluctuaciones de precios, encarecimiento de los insumos, etc.). De acuerdo con Salom (2003), la mejor manera de acumular y comunicar el conocimiento es mediante la demostración y la práctica, por tanto, las formas tácitas de conocimiento sólo pueden ser adquiridas a través de la práctica y de la experiencia. En este sentido, es necesario promover el intercambio de conocimientos que propicien el aprendizaje colectivo y reduzcan la incertidumbre en la adopción de innovaciones (García *et al.*, 2011). Lo anterior coincide con lo expuesto por Kilelu *et al.* (2013), quienes mencionan que la innovación se produce a través de las interacciones colectivas entre agricultores, investigadores y proveedores de servicios. Además, son los extensionistas quienes facilitan la interacción de forma eficaz con todos los actores del sistema de innovación (Davis, 2015).

La escolaridad del agricultor es otra variable relacionada de forma positiva con la dinámica de incorporación de innovaciones. Esto es, los agricultores que tiene el mayor nivel de escolaridad generalmente son los que presentan el mayor índice de adopción de innovaciones. Una posible explicación de lo anterior está relacionada con el hecho de que los agricultores con mayor nivel educativo son más propensos a experimentar e incorporar innovaciones a su proceso productivo. Estos resultados coinciden con los encontrados por Namara *et al.* (2007) quienes encontraron que los productores con mayor nivel educativo buscan más información y son más experimentadores por lo que son más propensos a adoptar innovaciones, aunque esto no garantiza la adopción efectiva. También, se corresponde con lo planteado por del Águila y Padilla (2010) en su investigación sobre empresas de economía social en la que se

encontró que a mayor nivel educativo puede incrementarse la disposición a innovar.

Un factor más que se vincula con la adopción de innovaciones se refiere al acceso al servicio de extensión. Se puede afirmar que contar con éste posibilita el acceso a una mayor cantidad de información y nuevas tecnologías, al involucrar a los agricultores dentro de una amplia red de actores de diversa índole (tecnológicos, financieros, gubernamentales, entre otros). Los resultados indican que el servicio de extensionismo influye de manera positiva en la incorporación de más y mejores innovaciones, estos resultados coinciden con los encontrados por Isaac (2012), Mariano *et al.* (2012) y Spielman *et al.* (2011). Lo que sugiere que los extensionistas difunden la información de innovaciones probadas con anterioridad y los efectos del extensionismo (Birner *et al.*, 2009) se reflejan en el aumento en los rendimientos, la calidad de los productos y el comportamiento innovador de los productores.

También, Aguilar-Gallegos *et al.* (2015) y Abdulai y Huffman (2005), que muestran que cuando hay más vínculos con los extensionistas, los niveles de adopción de innovaciones y los parámetros productivos y económicos tienden a mejorar. Efectos similares fueron reportados por Genius *et al.* (2014), sobre la adopción y difusión de tecnologías de irrigación. Al respecto, el servicio de extensión tiene múltiples funciones (Christoplos *et al.*, 2012; Klerkx, Hall, y Leeuwis, 2009; Lubell, Niles, y Hoffman, 2014; Rivera y Sulaiman, 2009); sin embargo, el más importante es el vínculo directo de las empresas con las instituciones públicas y educativas. De acuerdo con Isaac (2012), Thuo *et al.* (2014) y Friederichsen *et al.* (2013) para adoptar ciertas tecnologías y prácticas se requiere de desarrollar vínculos más allá del círculo cercano de productores y quien cumple con estas funciones son los extensionistas.

Las diferencias significativas en cuanto a rendimientos coinciden con lo encontrado por Avilez *et al.* (2010), Jara-Rojas *et al.* (2012) y Mariano *et al.* (2012), además se corresponde a los mayores ingresos lo que muestran que algunos agricultores podrían ser más productivos y competitivos a razón de

desarrollar una mejor adaptación tecnológica. Además, los resultados sugieren que los que obtienen menores rendimientos e ingresos son menos eficientes y competitivos. Lo anterior se relaciona con un limitado acceso a nuevas tecnologías lo que redundaría en bajos niveles de adopción de innovaciones (Bozoğlu y Ceyhan, 2007; Hartwich *et al.*, 2007; Muñoz-Rodríguez, M. Altamirano-Cárdenas, 2008).

3. 7. Conclusiones

El modelo econométrico de regresión lineal múltiple contribuye a identificar y cuantificar la importancia de algunos de los factores que afectan al índice de innovación (construido por las categorías productos, proceso, organización y mercado en agricultura protegida). Si bien los resultados solo son válidos para el caso particular de los agricultores de la región de Tulancingo, Hidalgo, es importante resaltar la influencia positiva de la superficie de producción, confianza, extensionismo y rendimiento, lo que sugiere la necesidad de políticas públicas orientadas al fortalecimiento de estas áreas e incrementar el potencial de innovación de los agricultores y el desarrollo regional.

Los principales factores que explican la eficiencia en el uso y adopción de una innovación para los grupos estudiados de agricultura protegida son los años de escolaridad, la experiencia en la actividad y el acceso a los servicios de extensionismo. A pesar de que el nivel de escolaridad desempeña un papel importante en la propensión a la adopción de innovaciones, no presenta la misma relevancia con relación a respecto a la eficiencia en el uso y adopción de una innovación para los grupos estudiados.

En relación con la variable experiencia en la actividad ésta se muestra como el elemento más significativo en la eficiencia en el uso y adopción de innovaciones para el Clúster que muestra los mayores rendimientos e ingresos. Por otra parte, con relación al acceso a los servicios de extensión los resultados sugieren que la red de información que se crea en torno a los extensionistas es uno de los factores que permite e impulsa la incorporación de más y mejores innovaciones.

Además, son los extensionistas quienes facilitan la articulación e interacción entre los actores del sistema de innovación.

En cuanto a las estrategias de gestión de la innovación es importante mencionar que la agricultura protegida demanda extensionistas especializados y con una amplia experiencia, por lo que es necesario impulsar un programa de extensionismo que contemple estas características, con el fin de que se desarrollen los vínculos entre todos los actores del sistema de innovación.

Finalmente, para futuras investigaciones sería necesario considerar: *i)* analizar las redes que se crean en torno a cada Clúster en relación con extensionistas, instituciones de gobierno, instituciones educativas, proveedores de insumos y los mercados. Asimismo, identificar el tipo de relaciones que se crean y las formas de mediación entre los actores; *ii)* analizar la tecnología e innovación desde una perspectiva territorial, en donde se consideren los procesos de transformación; *iii)* analizar el entorno institucional que se crean en relación con la tecnología y a la decisión de innovar.

CAPÍTULO 4. SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN (SRI): AGRICULTURA PROTEGIDA DE TECNOLOGÍA MEDIA EN MÉXICO

4. 1. Resumen

Los sistemas de innovación agrícola son el resultado de las interacciones de agricultores con empresas, instituciones, proveedores y extensionistas que se establecen en el territorio. En la actualidad son elementos clave para el desarrollo de la innovación en todos los sectores. En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo analizar a través de las redes la configuración del sistema regional de innovación de agricultura protegida y su impacto a fin de plantear estrategia que faciliten la innovación. El referente empírico fueron 65 agricultores, a las cuales se aplicó una entrevista semi-estructurada con la que se obtuvo información para la caracterización de la unidad de producción e identificación de redes. Para generar la tipología de agricultores se realizó un análisis de conglomerados, un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Scheffé entre clústeres con el programa estadístico SPSS®. En el diseño y análisis de las redes se usaron los programas UCINET® y Key Player® y para obtener un mejor diseño y estructuración se usó el programa Gephi®. Para identificar el efecto del capital relacional se realizó un análisis de correlación Pearson. Mediante el análisis clúster se obtuvo una taxonomía de agricultores a partir de la superficie de producción, se formaron tres grupos bien diferenciados y a través las redes se identificaron los principales actores del sistema regional de innovación y algunos indicadores. En las redes destacan las instituciones de gobierno, enseñanza e investigación y los proveedores de insumos y servicios que son los que presentan los mayores grados de articulación con los agricultores. Respecto a las influencias del capital relacional las redes más relevantes son las que se crean con instituciones de gobierno, enseñanza e investigación y los servicios de extensionismo públicos y privados. Los agricultores con mayores vínculos en el sistema regional de innovación son más eficientes y tiene mayor capacidad de innovación.

Palabras clave: activos relacionales, capital relacional, extensionismo, redes de innovación.

4. 2. Introducción

Como respuesta al proceso de globalización y a los rápidos cambios de la dinámica economía actual, se concibe a la innovación (O'Regan, Ghobadian, y Sims, 2006) como un aspecto clave para adaptarse y competir en los mercados. En este sentido, Bruque y Moyano (2007) consideran que las economías de los países dependen de su capacidad para innovar en nuevos productos y procesos y que son el motor de su crecimiento económico y su progreso tecnológico. El sector rural no es la excepción, sin embargo, el desarrollo de innovaciones es un proceso cada vez más difícil y complejo (Diez, 2002).

En consecuencia, es necesario vincular a las empresas y agricultores a centros de investigación, universidades, proveedores y clientes en sistemas de innovación que les permita compartir conocimientos y beneficiarse de sus interacciones (Bullinger, Auernhammer, y Gomeringer, 2004). En este sentido, las redes que funcionan como un instrumento para la difusión de las innovaciones entre los diferentes actores, son elementos básicos en la constitución de los sistemas de innovación y surgen como una respuesta para enfrentar los cambios derivados de la dinámica económica actual y de la difusión y uso de la tecnología.

En lo que respecta a el estudio sobre la adopción de innovaciones en el sector agrícola existen dos grandes tradiciones que han estado bastante inconexas entre sí (Monge y Hartwich, 2008). Por un lado, la tradición sociológica en la que la difusión de innovaciones se asemeja a un proceso epidémico, en virtud del cual la decisión de adoptar de cierto agricultor conlleva al contagio ulterior de otros que están en contacto con, o son influidos por él. Se trata de un proceso inicialmente lento hasta que se logra alcanzar un cierto número de adoptadores capaz de acelerar el proceso decisorio de sus restantes vecinos.

El contagio se da básicamente mediante la interacción entre productores, en tanto que los esfuerzos de los agentes externos tienen efecto sobre la toma de decisiones de una minoría de productores, los pioneros e innovadores, son quienes están más atentos a las novedades externas (Rogers, 1995).

Por otra parte, entre especialistas de economía agrícola surgió una tradición de estilo individualista, de acuerdo con la cual los productores toman la decisión de adoptar según las utilidades que podrían obtener, en su criterio, derivadas de tal decisión. Para ello, cada productor analiza de forma racional los costos y beneficios esperados antes de decidir; y como existe una enorme heterogeneidad en las características individuales y las limitaciones que cada productor enfrenta, es de esperar una dispersión similar en su toma de decisiones (Griliches, 1957). Esta tradición asumió un papel dominante en el estudio de la innovación agrícola, dando respaldo teórico y empírico a muchas de las políticas, programas y sistemas que han tenido lugar en algunos países a fin de promover el cambio tecnológico entre los productores y el desarrollo agrícola en general (Monge y Hartwich, 2008).

Entre tanto, la corriente interaccionista (sociológica) perdió interés entre los investigadores y continuó su desarrollo en otras disciplinas (Ruttan, 1996). No obstante, en años recientes ha surgido un reconocimiento creciente de la fundamental influencia que ejercen las interacciones sociales sobre el comportamiento económico individual, el crecimiento económico, la innovación y el desarrollo rural (Durstun, 2002; Fafchamps, 2006; Granovetter, 2005). Este nuevo interés por las interacciones sociales se ve reflejado en varias investigaciones surgida en la últimas décadas en relación al capital social, los sistemas de innovación y el enfoque evolucionista-institucionalista en economía (Dasgupta y Serageldin, 2001; Nelson y Nelson, 2002). Su impulso se ha extendido lentamente hasta el estudio de la innovación agrícola, donde cada vez son más frecuentes los estudiosos que consideran variables relacionadas con estos aspectos en sus modelos de adopción de innovaciones (Katungi, Edmeades, y Smale, 2008; Moser y Barrett, 2006; Moxley y Brandon Lang, 2006).

Los estudios sobre los sistemas de innovación han destacado la importancia de las redes de innovación para el desarrollo agrícola. Además, hay una creciente conciencia acerca de los problemas sociales complejos tales como la sostenibilidad deben considerar una perspectiva sistémica que permita obtener mejores soluciones a partir de sus interacciones. También, existe un fuerte interés en el análisis de los modos en que los gobiernos pueden influir en el desarrollo local a través de la gestión de los sistemas de innovación. Sin embargo, también señalan que, estos avances son relativamente embrionarios, con poca evidencia de su eficacia (Huggins, Johnston, y Steffenson, 2008). Por lo tanto, si bien las redes son claramente importantes desde una perspectiva de sistemas de innovación, no es tan claro en qué medida se pueden aprovechar para apoyar la innovación y los efectos que estas tienen.

En el análisis de las interacciones, las redes son un buen instrumento para su estudio, debido a que su formación es principalmente una respuesta competitiva (Hanna y Walsh, 2002). Los actores buscan a otros actores para colaborar y mediante ello obtener algún beneficio en función de su compatibilidad en términos de recursos, conocimiento y poder o su posición en la red (Ahuja, 2000). En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo analizar a través de las redes la configuración del sistema regional de innovación de agricultura protegida y sus impactos a fin de plantear estrategia que faciliten la innovación en Hidalgo, México. La pregunta que orientó esta investigación fue: ¿cómo están configuradas las redes de los agricultores y qué efectos o beneficios se obtienen de estas relaciones? La hipótesis planteada fue: los agricultores crean redes con actores estratégicos para acceder a más y mejores innovaciones y ser más eficientes.

4. 3. Marco conceptual

4. 3. 1. Funciones de las redes de innovación

En los últimos años se ha producido un cambio sistemático y fundamental en la forma en que los agricultores realizan actividades innovadoras. En general, se

dio un crecimiento importante en el uso de las redes externas (Hagedoorn, 2002). Incluso, se concibe a la innovación como un proceso que resulta de las interacciones entre diferentes actores (Doloreux, 2004). De esta forma, las redes interinstitucionales e intersectoriales, que facilitan y aceleran los flujos de información y recursos se han convertido en una estrategia clave para asegurar la difusión y adopción de innovaciones (Dewick y Miozzo, 2004).

Esta noción de interacciones para la innovación se refleja en muchas teorías modernas que explican la agrupación regional de actividades que utilizan conceptos como la red a nivel regional y los distritos industriales (Markusen, 2003). Algunos estudios centrados en el análisis de redes de innovación demuestran que las actividades científicas, de conocimiento tecnológico y de patentes son las que crean y difunden las innovaciones a través de sus nodos (universidades, instituciones de investigación y empresas) (Maggioni, Nosvelli, y Uberti, 2007; Maggioni y Uberti, 2009).

En este sentido las redes son importantes en situaciones en las que se necesitan la cooperación y el trabajo en red para lograr economías de escala e integrar diversas habilidades, tecnologías y competencias (Mancinelli y Mazzanti, 2009). En otros estudios, se han analizado las complementariedades y se encontró que hay diversos factores que influyen en el éxito de las actividades, tales como la innovación tecnológica, I + D, las innovaciones organizativas y la formación (Mancinelli y Mazzanti, 2009). Según Hewitt-Dundas (2006), los recursos y las capacidades externas a las que podrían acceder a través de las redes, pueden proporcionarles el estímulo y la capacidad de innovación, mientras que la falta de vínculos innovadores tienen un impacto negativo.

Del mismo modo, Fukugawa (2006) indicó, que la creación de redes es un medio para acelerar la innovación y el acceso a conocimientos y recursos. Además, cabe señalar que el éxito de la innovación en su mayoría requiere el acceso a activos que sean complementarios a los activos innovadores (Teece, 1986) y como la disponibilidad de recursos (incluidos los recursos para

continuar con la producción, comercialización y capacidad de gestión) en las pequeñas y medianas empresas son limitados existe la necesidad de complementarlos (Löfsten y Lindelöf, 2005).

Algunos autores han dirigido sus estudios al análisis de la cooperación en red y a los actores y relaciones externas encontrando un impacto positivo en relación con la innovación (Brioschi *et al.*, 2002; Nieto y Santamaría, 2007). Bullinger *et al.* (2004) sugieren que las universidades, los centros de investigación, los proveedores, los clientes y otros complementadores tienen un impacto importante en el proceso de creación de conocimiento y la innovación. También, se ha encontrado que en los países en desarrollo destacan la importancia de las relaciones existentes en una red y la capacidad de innovación (Biggs y Shah, 2006; Hadjimanolis, 1999; Kaminski, de Oliveira, y Lopes, 2008; Liefner, Hennemann, y Xin, 2006). Del mismo modo, Pekkarinen y Harmaakorpi (2006) señalaron que las redes de innovación a menudo se forman a partir de un grupo heterogéneo de diversos actores, incluidos los agricultores, representantes de las empresas, universidades, centros tecnológicos y las organizaciones de desarrollo.

Además, se ha analizado el efecto de diferentes tipos de actores en el proceso de innovación (Liefner *et al.*, 2006; Nieto y Santamaría, 2007; Tether, 2002). Según Whitley (2002) y Nieto y Santamaría (2007) indican que las características y los objetivos específicos de los diferentes actores generan resultados diferentes. Las evidencias también muestran que los actores que no cooperan y que no intercambian formal o informalmente información limitan su base de conocimientos a largo plazo (Monge y Hartwich, 2008). Y a nivel institucional, los sistemas de innovación se configuran a través de las redes y desempeñan un papel fundamental en la difusión de innovaciones (Pittaway, Robertson, Munir, Denyer, y Neely, 2004).

4. 3. 2. Las redes como instrumentos de política para la innovación agrícola

La literatura sobre los sistemas de innovación y la evolución actual del extensionismo rural resaltan la importancia de las redes de innovación en el desarrollo del sector agroalimentario. También, el reconocimiento de que los problemas sociales son cada vez más complejos, tales como la sostenibilidad, ha dado lugar a una demanda de instrumentos de política que puedan dinamizar los procesos de transformación de los sistemas (Rotmans, Kemp, y van Asselt, 2001). En el caso tradicional, el extensionismo agrícola sigue siendo dirigido por el gobierno. Sin embargo, dado que muchos gobiernos han privatizado sus servicios de extensión, se necesitan nuevas formas de fomentar la innovación. En este sentido, algunos estudios han demostrado el potencial de las redes para impulsar esta actividad (Birner *et al.*, 2009; Leeuwis y Aarts, 2011).

También, existe un creciente interés en el análisis de los modos en que los gobiernos tienen inferencia más allá de la legislación, acuerdos o normas y el desarrollo de objetivos (Héritier, 2002). En este sentido, las redes han sido utilizados por los gobiernos para facilitar, por ejemplo, el desarrollo económico regional (Buck, 1995; Laschewski, Phillipson, y Gorton, 2002) mediante el fomento de la innovación. Sin embargo, Huggins *et al.* (2008) señalan que los estudios sobre el potencial de las redes para facilitar la innovación, son relativamente embrionarios, con poca evidencia de su eficacia. Por lo tanto, si bien las redes son claramente importantes desde una perspectiva de sistemas de innovación, no es tan claro en qué medida los gobiernos pueden aprovecharlas para impulsar la innovación.

Las redes con relevancia social y política (Caniëls y Romijn, 2008; Klerkx y Leeuwis, 2009b) se puede decir que comparten varias características: 1) están constituidas por actores que pueden actuar en beneficio de los demás, 2) la mayoría de los actores se conocen entre sí y tienen un cierta idea de sus opiniones, recursos y metas, 3) tienen la capacidad de auto-organizarse y 4)

capacidad de captar recursos e iniciar nuevas actividades. Las redes como instrumentos de política, por lo general, toman la forma de un proyecto, los objetivos de los cuales incluyen o implican la formación de nuevas redes o el fortalecimiento de las redes existentes.

Por lo tanto, se diferencian en varias formas la gestión de las redes. En primer lugar, las redes pueden ser inducidas como proyectos específicos. En segundo lugar, puede facilitar la creación de redes no existentes, cuyos miembros aún no se conocen entre sí o de ser necesario incorporar otros actores. Es decir, las redes como instrumentos de política no son las redes en el sentido estricto, más bien, se trata de subsidiar ciertas actividades para mejorar el funcionamiento del sistema de innovación (Beers y Geerling-Eiff, 2013).

En el sector agrícola la gestión de redes puede ser especialmente útil. La agricultura está compuesta por un gran número de agricultores que se dedican a la producción de alimentos y además de desempeñan otras actividades y funciones. El gran número y diversidad de los actores de este sector ofrece mayor posibilidad de formar redes innovadoras en comparación a otros. La difusión de la innovación no es simplemente la adopción de una innovación hecha por los agricultores, sino un proceso complejo de comunicación, cooperación e interacción entre los agricultores, las universidades, las empresas, los gobiernos y otras partes interesadas (Wu y Zhang, 2013).

4. 3. 3. Políticas basadas en el enfoque de sistema regional de innovación

De acuerdo con Carlsson *et al.* (2002), un sistema de innovación puede ser representado por componentes, atributos y relaciones (directas e indirectas) entre los mismos componentes. Los componentes son los agentes (individuos u organizaciones), los artefactos y las instituciones (leyes, normas y también tradiciones y costumbres que le dan estructura al sistema). Estos interactúan y se vinculan por sus relaciones, por ejemplo mediante relaciones de mercado. Los atributos son las propiedades de sus componentes (sus recursos y competencias, y sus objetivos específicos) y de las relaciones que los vinculan.

Constituyen una dotación del sistema en sí (se incluyen en sus componentes), pero se modifican gradualmente por efecto de la interacción entre sus componentes, en condiciones de incertidumbre y a lo largo del tiempo (Lane y Maxfield, 1996).

La formación y el funcionamiento de las redes y sistemas de innovación proporcionan una eficaz combinación en el desarrollo de las regiones, sin embargo, debido a la existencia de varias deferencias entre los actores en ocasiones no funcionan de manera correcta (Klerkx y Leeuwis, 2009a). Sobre las deficiencias en el funcionamiento de los sistemas de innovación, se pueden identificar a las brechas cognitivas, es decir, actores de diferentes orígenes institucionales tienen demasiada distancia cognitiva para aprender juntos de manera adecuada (Nooteboom, 2000), o tienen diferentes normas, valores y sistemas de incentivos que dificultan la comunicación efectiva (Huggins, 2000; Laschewski *et al.*, 2002) o no existe asimetría de la información (Bougrain y Haudeville, 2002). Estas situaciones generan lagunas de conocimiento e impiden la difusión y adopción de nuevas tecnologías.

Derivado de lo anterior, en el análisis de un sistemas de innovación se debe poner atención en la conectividad del grupo de actores relacionados a la innovación y el énfasis en la exploración y explotación de lazos débiles (Granovetter, 1985), vacíos en las estructuras que limitan la circulación de nuevas tecnologías (Burt, 2011; Swan, Scarbrough, y Robertson, 2002), los intermediarios sistémicos para la innovación (Howells, 2006) y la interacción entre las universidades, los centros investigación y las empresas (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Kaufmann y Tödtling, 2001).

En este sentido, el enfoque de región se relaciona con el hecho de que es un contexto significativo para la formulación de políticas y con la identificación del conjunto de relaciones generadoras de innovaciones. Es decir, se deben identificar a los actores locales y regionales, las instituciones y organizaciones que difunden innovaciones que operan como intermediarios entre los componentes y entre los atributos del sistema (Cooke, 2005; Kaufmann y

Tödting, 2001). Destacan los intermediarios, por que son necesarios por ejemplo, entre los agentes que no les resulta fácil de intercambiar ideas, como resultado de las diferencias en el lenguaje, el sistema de incentivos y objetivos, o las escalas de tiempo (un problema que es típico de la relación industria-investigación). Sin embargo, los intermediarios también pueden facilitar la aparición y la adaptación de las normas y reglas de interacción del sistema (Bellandi y Caloffi, 2010).

Un problema fundamental aquí es que los gobiernos regionales tienen un cierto grado de separación de los contextos específicos en los que se desarrollan los procesos de innovación. Demasiada separación debilita la comprensión de lo que se necesita para un apoyo efectivo a los procesos innovadores y la eficacia del dialogo entre los responsables políticos y los innovadores (Lester y Piore, 2004). En general, se argumenta que la proximidad entre los miembros de las redes de conocimiento es una de las razones clave por las que algunas de las regiones se conviertan y permanezcan más competitivas que las que no adopten un enfoque de red (Huggins, 2000; Huggins *et al.*, 2008; Storper, 1997).

En este sentido, se pueden identificar dos estrategia por los responsables de formulación de políticas para apoyar procesos regionales de innovación (Bellandi y Caloffi, 2010). El primero de ellos es el apoyo a la creación de bienes públicos con características que son específicas de los procesos innovadores que tienen lugar en los diferentes sistemas locales de innovación de la región, y el apoyo a la reproducción de los conocimientos y competencias para estos sistemas, por ejemplo, la inversión en centros de investigación y la financiación de proyectos de investigación. El segundo se refiere a los procesos de fertilización cruzada entre los sistemas. La intervención pública aquí se dirige a la promoción y aplicación de ciertas tecnologías y soluciones organizativas generados o desarrollados dentro de los sistemas innovadores específicos de otros contextos tecnológicos de la región. La incorporación de innovaciones se ve favorecida por las relaciones apropiadas entre los actores claves de los sistemas involucrados: los actores que tienen competencias diferentes, pero

que comparten un lenguaje común capaz de movilizar las redes de relaciones a escala local y regional.

Una vez aplicado a otros contextos, las soluciones iniciales (las nuevas tecnologías) pueden dar lugar a nuevas corrientes de la innovación. Más allá de la existencia de una política pública se debe desarrollar la capacidad de identificar los modos y objetivos de las intervenciones, la capacidad de producir reglas de interacción y para sostener el desarrollo de redes y estrategias. En cuanto a este último aspecto, en particular, los gobiernos regionales, puede desempeñar un papel clave en la canalización del sistema de innovación y en la orientación de las estrategias de los agentes hacia alternativas viables (Bellandi y Caloffi, 2010).

4. 4. Metodología

4. 4. 1. Unidad de análisis

El referente empírico para el análisis de redes fueron agricultores dedicadas a la agricultura protegida, específicamente invernaderos que se dedican a la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en los municipios de Acaxochitlán, Acatlán, Huasca de Ocampo, Metepec y Tulancingo de Bravo en el estado de Hidalgo. Región que presentan un rápido crecimiento en cuanto a superficie y número de productores dedicados a esta actividad. La agricultura protegida se inició en la región de estudio a finales de 1990. Se trata de agricultura protegida de tecnología intermedia de acuerdo con la clasificación de Costa y Giacomelli (2005). Son invernaderos con armazón de acero y películas de polietileno, enfriamiento pasivo y con sistema de calefacción. Cuentan con controladores sencillos para fertirrigación, la producción se realiza en suelo y se establecen ciclos de producción largos.

4. 4. 2. Recopilación de información

Para la recolección de la información se aplicó una encuesta semi-estructurada

a 65 agricultores de la región de estudio entre los meses de junio a diciembre de 2015. Esta se dividió en tres secciones: la primera sección se relaciona con los atributos o características generales de los agricultores como edad, escolaridad, años de experiencia en la actividad; la segunda sección se refirió a los datos de las unidades de producción como superficie de producción, rendimientos obtenidos, precios de venta e ingresos.; la tercera sección se orientó a identificar las redes que se configuran entorno a la agricultura protegida y las preguntas fueron las siguientes: *i*) ¿Quién le brinda de asesoramiento técnico en sus procesos de producción, información sobre nuevas tecnologías o prácticas e información de servicios relacionados con la agricultura protegida? (red de extensionismo), *ii*) ¿A quiénes vende sus productos? (red comercial), *iii*) ¿Quiénes son sus principales proveedores de insumos? (red de proveedores), *iv*) ¿Con qué instituciones de gobierno mantiene vínculos? (red con instituciones de gobierno), *v*) ¿Con qué instituciones de enseñanza e investigación mantiene vínculos? (red con instituciones de enseñanza e investigación) y *vi*) ¿De quién aprende aspectos relacionados a la agricultura protegida? (red de aprendizaje).

4. 4. 3. Universo de estudio

La selección de las unidades de información se realizó por muestreo no probabilístico, técnica ampliamente utilizada por investigadores para seleccionar unidades o porciones representativas o típicas cuando se carece de información sobre universo muestral, según el criterio del experto; en función de determinadas características (Muñoz *et al.*, 2004; Pimienta, 2000), en este caso se definió como criterio la permanencia en la actividad, es decir, analizar a la mayor cantidad de agricultores que se encuentre operando mediante el método de bola de nieve.

4. 4. 4. Análisis y procesamiento de la información

Se realizó un análisis de conglomerados con la finalidad de generar una tipología de agricultores, para la cual se utilizaron algoritmos jerárquicos acumulativos como método de clasificación; se tomó como medida de distancia la euclídea al cuadrado y como método de enlace el vecino más lejano. Se utilizó como variable discriminante la superficie de producción. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias Scheffé entre clústeres.

Por último, para analizar el efecto del capital relacional (Delgado-Verde *et al.*, 2011) o activos relacionales (Storper, 1997), entendidos ambos como las relaciones que se mantienen los agricultores con instituciones de enseñanza e investigación, instituciones de gobierno, proveedores de insumos y servicios, clientes o centros de comercialización, extensionistas, etcétera., se realizó un análisis de correlación Pearson del número de vínculos que tiene cada agricultor con estos actores con el fin de identificar si existe alguna influencia de estos en relación a su eficiencia (obtención de mayores ingresos, mejores precios de venta, mayor superficie de producción, etcétera). Para los análisis estadísticos se utilizó el programa SPSS®.

Por otra parte, para el análisis de la información relacionada a las redes lo primero que se realizó fue una codificación de la información que consistió en definir claves de identificación para los actores referidos y se emplearon los siguientes: A: agricultor, AE: agricultor no encuestado, EXT: extensionista, PI: proveedor de insumos, CA: central de abastos, CI: comercializador, IG: instituciones de gobierno y para las instituciones de enseñanza e investigación se usaron sus acrónimos.

La información sobre redes se capturó en Bloc de Notas, empleando para ello el protocolo DL, para describir los datos que en este caso se refieren a una lista de nodos y sus relaciones en el formato Nodelist (Borgatti, 2002). Para el diseño y análisis de las redes se usaron los programas UCINET® y Key Player® y para obtener un mejor diseño y estructuración se usó el programa Gephi®. En

este trabajo se analizaron cinco indicadores de redes que nos permitieron identificar los aspectos de interés relacionados a los objetivos de la investigación y a continuación se describen:

Actores más referidos o difusores: Se trata de los actores que fueron los más referidos por los encuestados. Por lo general se les considera que son los actores que transfieren información dentro del sistema (Zarazúa, Almaguer-Vargas, y Rendón-Medel, 2012).

Fragmentación de la red: Se trata de los actores responsables del fortalecimiento de la red; si desaparecen, la red se fragmenta. Estos actores son los responsables del fortalecimiento y la integración de la red del sistema, sin su presencia, el resto de los actores quedarían aislados.

Densidad: Es el porcentaje de relaciones existentes entre todas aquellas posibles. Altas densidades manifiestan mayor intercambio de la información disponible. La densidad se expresa en porcentaje: una densidad del 100% indica que todos los actores están relacionados; una de 0% indica que todos se encuentran sueltos (Wasserman y Faust, 1999).

Índice de centralización se le conoce como la diferencia entre el número de enlaces para cada nodo, dividido entre la cantidad máxima de diferencia. Una red centralizada está dominada por uno o muy pocos nodos centrales (Rendón y Aguilar, 2013). Para este caso se utilizó el índice de centralización de entrada y salida, estos índices tiene diferentes implicaciones y no se pueden entender si no se consideran de manera simultáneamente, si se tiene un índice de centralización de entrada mayor al de salida se infiere que existe un mayor número de actores que el sistema demanda y por el contrario si el índice de centralización de salida es mayor que el de entrada se infiere que existe un menor número de actores que los que el sistema demanda.

4. 5. Análisis de resultados

Las características generales de los agricultores (Cuadro 8) indican que se trata de agricultores con una edad promedio de 44 años, escolaridad en años de 9.18, con una experiencia en producción de 8 años. La superficie promedio de 5147.69 m², rendimientos medios de 23.63 kg/m² e ingresos de 156.33 (\$/m²). El análisis clúster permitió crear una taxonomía de agricultores a partir de la superficie de producción, se formaron tres grupos bien diferenciados (Figura 13).

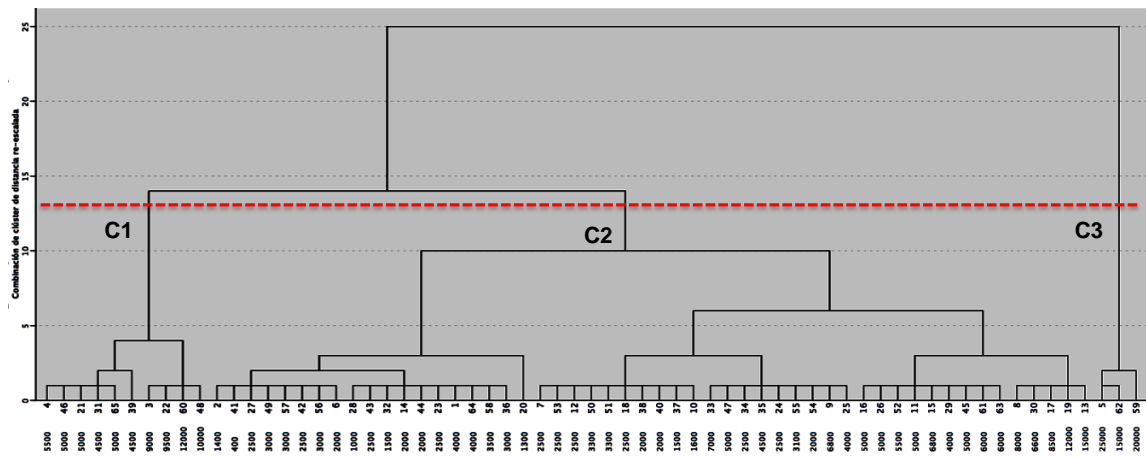


Figura 13. Dendrograma de agricultores dedicados a la agricultura protegida construidos con base en la superficie de producción, como método de agrupamiento se usó la distancia elucídea al cuadrado y como método de enlace el de vecino más lejano.

El clúster 1 formado por 10 agricultores (Cuadro 8) y se caracterizan por ser las de menor tamaño con una media de 3934.62 m², concentra a los agricultores con menores niveles de escolaridad y obtener los menores rendimientos (19.50 kg/m²). El clúster 2 formado por 52 agricultores de tamaño medio con una superficie de 7000.00 m² y obtienen rendimientos medios (22.42 kg/m²). Finalmente el clúster 3 formado sólo por dos agricultores que son las que tienen los mayores tamaños con una superficie de producción de 22000 m² y obtienen los mayores rendimientos e ingresos.

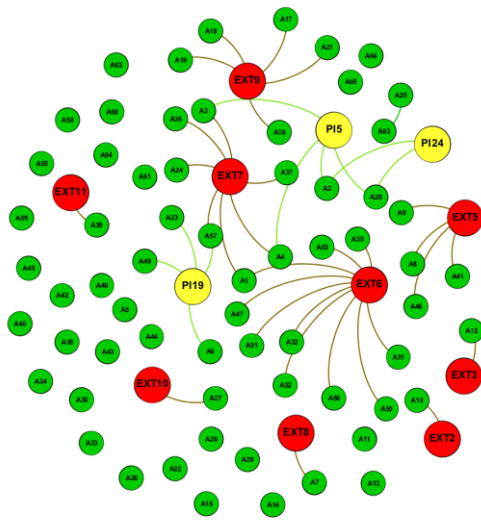
Cuadro 8. Características generales y por clúster de los agricultores dedicados a la agricultura protegida.

Variable	Media general	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
Número de agricultores	65	10	52	3
Edad del agricultor	44.49	43.40 a	44.50 a	48 b
Escolaridad del agricultor (años)	9.18	8.40 a	9.10 b	13 c
Experiencia en la actividad (años)	8	7.00 a	7.81 b	9.3 c
Superficie de producción (m ²)	5147.69	3934.62 a	7000.00 a	20000.00 b
Rendimiento (kg/m ²)	23.63	19.50 a	22.42 b	31.15 c
Precio promedio de venta (\$)	6.55	6.41 a	7.05 b	7.3 c
Ingresos (\$/m ²)	156.33	141.33 a	145.50 a	217.20 b

Medias con letras diferentes en las hileras indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$), de acuerdo a la prueba Scheffé.

4. 5. 2. Red de extensionismo (EXT)

La red de extensionismo (Figura 14) se caracteriza por mantener pocas conexiones y muchos actores aparentemente aislados. Sólo se observan algunos subconjuntos pequeños, compuestos por siete extensionistas que son quienes mantienen vínculos con los agricultores. Al respecto sobresalen los extensionistas 6, 7 y 9 como los actores más referidos que brindan el servicio con una cobertura del 28.3% de la red. Estos extensionistas son los que impulsaron la actividad, se trata de expertos que se ubican en la región, forman parte de las familias de los agricultores y se dedican a la misma actividad. También, destacan en la oferta del servicio de extensionismo algunos proveedores de insumos (PI5, PI24 y PI19).



Indicadores	
Actores referidos	EXT6, EXT7, EXT9 28.3%
Fragmentación	EXT6, EXT7, EXT9 0.4%
Densidad	0.72%
Índice de centralización de entrada	12.1%
Índice de centralización de salida	1.9%

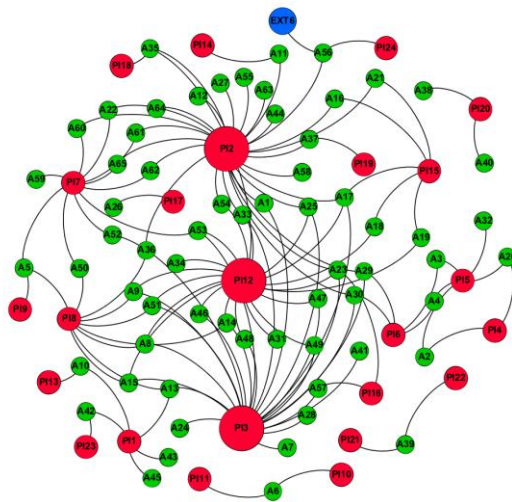
Figura 14. Red de extensionismo en la agricultura protegida en Hidalgo, México.

En relación a la fragmentación indica que si estos tres actores no existieran la red se desacoplaría o desintegraría en un 0.4%, el cual es bajo debido a que la red se encuentra poco articulada. Respecto a la densidad se trata de un valor bajo (0.72%) lo que sugiere que se encuentra poco cohesionada, existe poca interacción entre los actores y el flujo de información es bajo. Por último el índice de centralización de entrada y salida indican que existe una mayor oferta del servicio de extensionismo que lo que el sistema demanda. Es decir, la cantidad de actores que ofertan el servicio de extensionismo sobre agricultura protegida supera la oferta para atender a los agricultores analizados.

4. 5. 3. Red de comercialización de productos

La red de comercialización de los productos (Figura 15) se caracteriza por mantener una gran cantidad de conexiones. Se observa un subconjunto muy grande que define como principal mercado a la Central de Abastos de Tulancingo (CA-TUL) en menor medida la Central de abastos de la Ciudad de México (CA-CDMX) y Jitomates la Güera (C13), en estos tres mercados se

La red de proveedores de insumos (Figura 16) se caracteriza por la existencia de muchos actores de este tipo y por mantener una gran cantidad de conexiones. En esta red sobresalen como los proveedores más referenciados Cosecha Servicios Profesionales ubicado en Acatlán, Hgo. (PI2), ETSOL - Distribuidora y Comercializadora de Fertilizantes y Agroquímicos ubicada en Tulancingo, Hgo. (PI12) y Central Agrícola del Valle ubicada en Tulancingo, Hgo. (PI3), estos tres actores concentra el 56.3% de los agricultores. También, se observa una gran cantidad de proveedores que tienen menor participación y un extensionista que desempeña estas funciones.



Indicadores	
Actores referidos	PI2, PI3, PI5 56.3%
Fragmentación	PI12, PI2, PI3 0.9%
Densidad	1.6%
Índice de centralización de entrada	29.0%
Índice de centralización de salida	2.9%

Figura 16. Red de proveedores de insumos en la agricultura protegida en Hidalgo, México.

Es importante señalar que la venta de insumos por estos actores va acompañado de un sistema informal de extensionismo de buena calidad y es brindado directamente en las unidades de producción.

Con respecto a la fragmentación indica que si estos tres actores no existieran la red se desintegraría en un 0.9%, este indicador es de los más altos y se debe a que la mayoría de agricultores se encuentran vinculados a los tres proveedores de insumos antes mencionados. En relación a la densidad de la red se tiene un

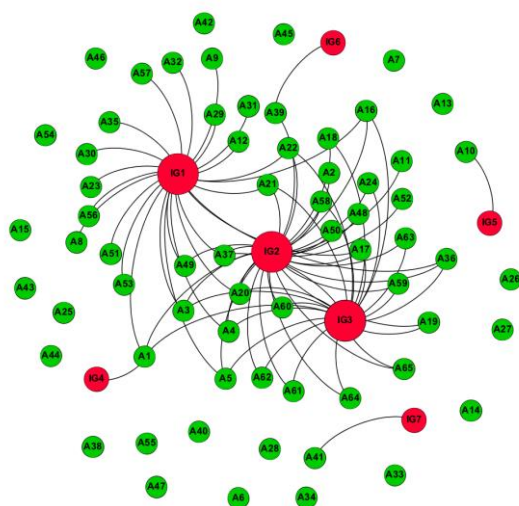
valor más alto en comparación con el resto de las redes (1.6%), lo indica que existe una mayor interacción con estos actores y un mayor flujo de información. Por último el índice de centralización de entrada y salida indican que la cantidad de proveedores de insumos para la agricultura protegida es mayor que los que el sistema demanda.

4. 5. 5. Red con instituciones de gobierno (IG)

La red de instituciones de gobierno (Figura 17) se caracteriza por mantener una gran cantidad de vínculos con los agricultores. En esta red sobresalen como las instituciones más referenciadas el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Hidalgo (IG1), la Delegación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (IG2) y Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Hidalgo (IG3), estos tres actores concentra el 62.3% de las conexiones con los agricultores. Estas tres instituciones por lo general trabajan en coordinación en el fomento de la agricultura en la región de estudio.

Es importante destacar que existen otras instituciones de gobierno como la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI-IG5) y el Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA-IG4), sin embargo, su participación es muy baja.

Con respecto a la fragmentación indica que si estos tres actores no existieran la red se desarticularía en un 1.5%, mayor a las anteriores debido a que los vínculos se concentran más en esta red. En relación a la densidad de 1.56% sugiere que es una de las redes con más interacción y por lo tanto el flujo de información debe ser mayor. Por último el índice de centralización de entrada y salida indican que existe una mayor cantidad de instituciones de gobierno relacionadas a la agricultura protegida que las que el sistema demanda, sin embargo, no se encuentran articuladas a los agricultores.



Indicadores	
Actores referidos	IG1, IG2, IG3 62.3%
Fragmentación	IG1, IG2, IG3 1.5%
Densidad	1.56%
Índice de centralización de entrada	39.8%
Índice de centralización de salida	4.1%

Figura 17. Red de instituciones de gobierno en la agricultura protegida en Hidalgo, México.

4. 5. 6. Red con instituciones de enseñanza e investigación

La red de instituciones de enseñanza e investigación (Figura 17) se caracteriza por mantener pocos vínculos con los agricultores de la región. En esta red sobresalen como las instituciones de enseñanza e investigación más referenciadas el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 126 (CBTa 126), la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), estos tres actores concentra el 14.9% de las conexiones con los agricultores. Además, existen vínculos con la Universidad Politécnica de Pachuca (UPP) y el Colegio de Postgraduados (CP).

El CBTa 126 se encuentra ubicado en la región de estudio y se vincula con los agricultores por los eventos demostrativos sobre tecnología agrícola. La UAEH se incorpora de manera reciente derivado de la importancia que tiene la actividad en la región, con el objetivo de impulsar estrategias de comercialización. Por último, los vínculos con la UACH se dan mediante los egresados de esta institución que son agricultores de la región.

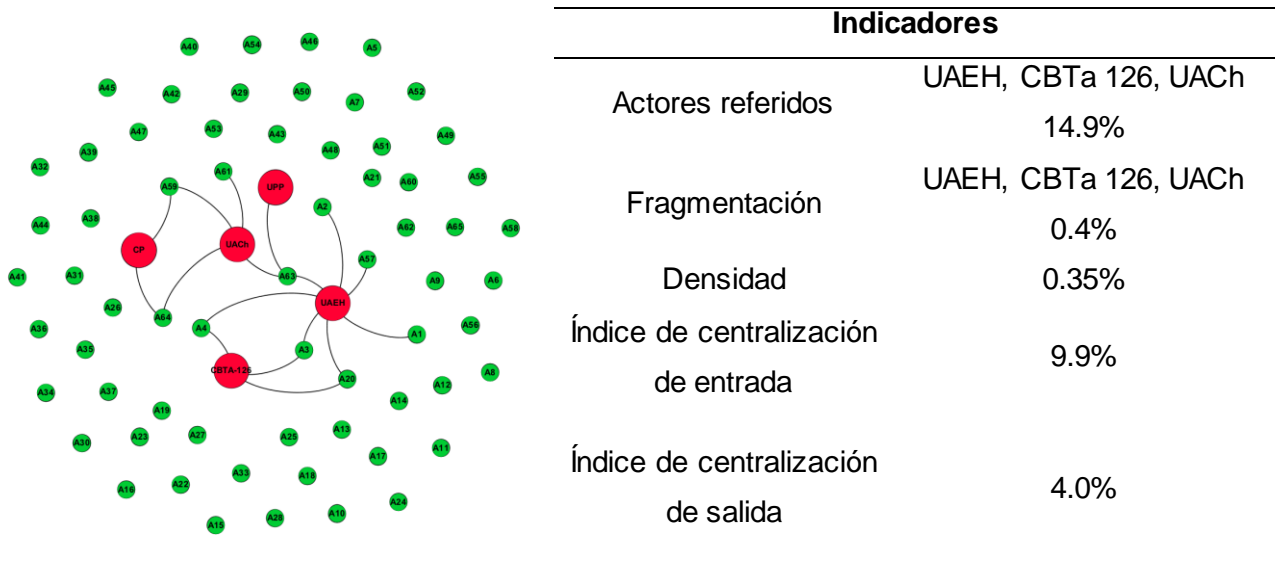


Figura 18. Red con instituciones de enseñanza e investigación en la agricultura protegida en Hidalgo, México.

Con respecto a la fragmentación indica que si estos tres actores no existieran la red se desarticularía en un 0.4%, esto se debe a que en general la red esta poco articulada. El valor tan bajo de la densidad (0.35%) sugiere que se encuentra poco cohesionada, siendo la más baja de todas las redes. Además, indica que la interacción con estos actores es muy baja y que la difusión de nueva información y tecnologías se limita a unos cuantos actores. Es importante aclarar que los actores que tienen vínculos con estas instituciones desempeñan un papel importante en el sistema, debido a que son los encargados de la difusión de las novedades tecnológicas. Por último el índice de centralización de entrada y salida indican que existe una mayor oferta de instituciones de enseñanza e investigación vinculadas a la agricultura protegida que las que el sistema demanda.

4. 5. 7. Red de aprendizaje

La red de aprendizaje (Figura 19) se caracteriza por ser la que tiene menor cantidad vínculos. En esta red sobresalen los agricultores A17, A3 y A22, estos tres actores concentra el 25.3% de las conexiones con el resto de agricultores.

Se trata de agricultores que se mantienen en una búsqueda constante de mejoras a su sistema de producción, son muy activos en cuanto a experimentar con nuevas tecnologías y han ejercido liderazgo en la región sobre esta actividad.

También, se encuentra un grupo importante de agricultores no encuestados (AE), extensionistas (EXT), proveedores de insumos (PI), el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Hidalgo (IG1) y la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

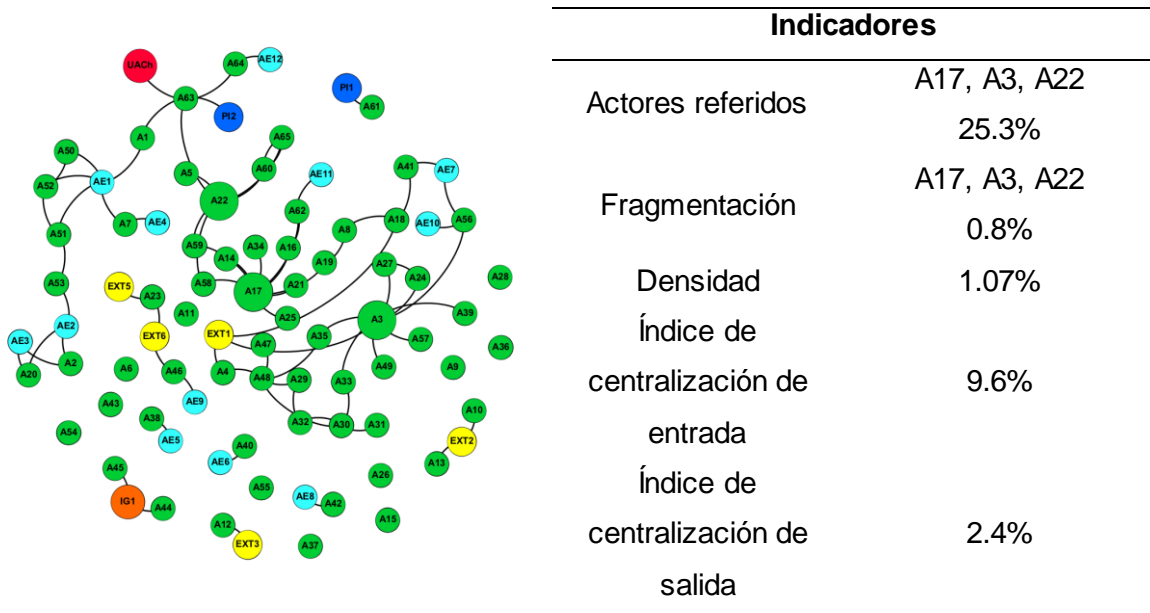


Figura 19. Red de aprendizaje en la agricultura protegida en Hidalgo, México.

Con respecto a la fragmentación indica que si estos tres actores no existieran la red se desarticularía en un 0.8%, este indicador es de los más altos de las redes analizadas e indica que los tres actores antes mencionados (A17, A3 y A22) concentra un importante número de vínculos. El valor de la densidad (1.07%) es medio en comparación con las redes analizadas. Lo que indica esta red mantiene un importante flujo de información y destaca que los actores que sobresalen son otros agricultores. Lo anterior sugiere que mediante esta red se hace operativo el flujo de información y nuevas tecnologías que circulan en el

resto de las redes. Por último el índice de centralización de entrada y salida indican que existe una mayor cantidad de actores que ofertan o comparten información que lo que el sistema demanda.

4. 5. 8. Efectos de las redes en los agricultores dedicados a la agricultura protegida.

El análisis de correlación revela que a pesar de que los coeficientes de correlación encontrados son bajos, las redes y los vínculos que se analizaron tienen efectos importantes sobre el comportamiento de los agricultores dedicadas a la agricultura protegida en Hidalgo, México (Cuadro 9).

Con respecto a la edad los resultados indican que cuando mayor sea, mayor será la cantidad de vínculos se establecen en todas las redes. La escolaridad muestra una correlación positiva entre la superficie de las unidades de producción, los vínculos con instituciones de enseñanza e investigación y con el total de vínculos en las redes, es decir, a mayor escolaridad se tienen unidades de producción de mayor superficie y están más vinculados a las instituciones de enseñanza e investigación, además, tiene desarrollan más vínculos con todos los actores del sistema analizados.

La superficie de las unidades de producción, los rendimientos e ingresos presenta una correlación positiva con los vínculos de las redes con instituciones de gobierno. Lo anterior sugiere que los agricultores que mantienen más vínculos con instituciones de gobierno presentan mejores parámetros técnico-económicos y mayores superficies de producción. Por otra parte, los vínculos de las redes de extensionismo muestran que los agricultores con mayores vínculos poseen mayores superficie de producción.

En relación al precio de venta obtenido por sus productos existe una correlación positiva con los vínculos de las redes que se crean con instituciones de enseñanza e investigación. Es decir, los agricultores con mayores vínculos con instituciones de enseñanza e investigación obtienen mejores precios, lo que sugiere que se integran a mejores mercados.

Cuadro 9. Matriz de correlaciones Pearson entre las características de los agricultores y los vínculos de sus redes.

	Edad (años)	Escolaridad (años)	Experiencia (años)	Superficie (m ²)	Rendimiento (kg/m ²)	Precio de venta	Ingresos (\$/m ²)	VRIEI	VRIG	VRPI	VRC	VRE	VRA	TV
Edad (años)	1													
Escolaridad (años)	-0.06	1												
Experiencia (años)	0.14	0.03	1											
Superficie (m²)	0.01	0.27*	0.17	1										
Rendimiento (t)	0.02	0.20	0.14	0.88**	1									
Precio de venta	-0.02	0.06	0.07	0.08	0.03	1								
Ingresos (\$/m²)	0.01	-0.15	-0.18	0.11	0.22	0.16	1							
VRIEI	0.18	0.40**	0.15	0.13	0.19	0.29*	0.30*	1						
VRIG	0.18	0.15	0.15	0.31*	0.37**	0.14	0.30*	0.40**	1					
VRPI	0.20	0.07	0.06	0.24	0.15	-0.07	-0.16	-0.18	0.13	1				
VRC	0.11	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	-0.09	0.14	-0.01	0.21	1			
VRE	0.12	0.15	0.01	0.26*	0.23	0.11	0.12	0.35**	0.39**	0.13	0.21	1		
VRA	0.21	0.18	0.12	0.09	0.07	0.07	-0.06	-0.02	-0.06	0.20	0.08	-0.05	1	
TV	0.34**	0.33**	0.20	0.23	0.24	0.19	0.11	0.42**	0.56**	0.47**	0.36**	0.49**	0.64**	1

** Significancia al 0.01, * Significancia al 0.05. VRIEI: Vínculos de red con instituciones de enseñanza e investigación; VRIG: Vínculos de red con instituciones de gobierno; VRPI: Vínculos de red de proveedores de insumos; VRC: Vínculos de red de comercialización; VRE: Vínculos de red de extensionismo; VRA: Vínculos de red de aprendizaje; TV: Total de vínculos.

Respecto a los efectos de las redes sobre los vínculos de otras redes, los resultados indican que existe una relación positiva entre las redes que se crean entre las instituciones de gobierno y las instituciones de enseñanza e investigación. Esto posiciona a estos actores como actores clave en el funcionamiento del sistema regional de innovación.

4. 6. Discusión

La tipología de agricultores generada mediante el análisis de conglomerado indica que se trata de unidades de producción relativamente homogéneas y que no presentan grandes diferencias a excepción de clúster 3. Sin embargo, se observa que se trata de un sistema que se encuentra en constante crecimiento, Vargas *et al.* (2015) encontraron en la región de estudio para el 2013 que la media de la superficie de las unidades de producción era de 3455.25 m², valor que se corresponde a los agricultores del clúster 1 (3052.17 m²) e inferior a las del clúster 2 (8776.47 m²) y 3 (22500 m²). El resto de las variables se han mantenido constantes, variando principalmente por el tiempo. Lo anterior indica que esta actividad esta tiene cada vez más importancia en la región.

El servicio de extensionismo para agricultura protegida en la región se inició de manera formal en el 2015, situación que podría explicar la débil articulación de los agricultores con estos actores. Su importancia radica en lo que plantean Christoplos *et al.* (2012), ya que mediante este se reciben asesoramiento técnico en sus procesos de producción, si reciben información sobre nuevas tecnologías o prácticas y si facilita el acceso a información de servicios relacionados con el sector. Lo anterior, resulta importante debido a que la agricultura protegida es altamente demandante de conocimiento y asesoría técnica especializada.

Otro aspecto importante que muestran los resultados sobre el extensionismo, es su influencia en cuanto a la superficie de las unidades de producción y en la constitución de las redes con las instituciones de gobierno (IG2 y IG3) que son quienes se encargan de la aplicación de las políticas de fomento y de manera

específica son las principales instituciones que subsidian la actividad, resultados similares encontraron Suchiradipta y Saravanan (2014) en India. Esto se debe a que los extensionistas son contratados por estas instituciones para brindar sus servicios y en la mayoría de los casos son estos quienes se encargan de la elaboración y gestión de proyectos de inversión sobre agricultura protegida, de ahí, que las redes con estos actores presenten una relación positiva con la superficie de producción.

También, la red de extensionismo tiene influencia en la constitución de las redes de los agricultores con las instituciones de enseñanza e investigación, situación que se explica por que estos actores son los articuladores entre los centros de generación de tecnología y las agricultores. Al respecto, Spielman *et al.* (2011) encontraron que el extensionismo integra nuevos actores y con ello se amplían los procesos de innovación que surgen de la interacción entre una mayor diversidad de actores. Además, son elementos importantes en la difusión de innovaciones (Monge y Hartwich, 2008). Friederichsen *et al.* (2013) destaca como el elemento central el extensionismo debido a los vínculos que desarrolla entre las empresas públicas y privadas que son quienes configuran los sistemas de innovación agrícola.

Por su parte, Oreszczyn *et al.* (2010) han encontrado que los agricultores en la toma de decisiones sobre la adopción de nuevas tecnologías, influye un conjunto relativamente estable de la red de actores y que son especialmente importantes los extensionistas, debido a que son capaces de cruzar las fronteras entre redes y comunidades de práctica. También, Mariano *et al.* (2012) encontraron que los productores que tienen acceso a los servicios de extensionismo aumentaron la adopción de prácticas innovadoras.

La red que se establece entre los comercializadores y los agricultores, indica que se trata de un actor que sobresale. Sin embargo, existe una gran cantidad de empresas comercializadoras que vierten información tal como las demandas y tendencias de los mercados (Chen, Zhu, y Xie, 2004; Youndt, Subramaniam, y Snell, 2004) con una influencia directa en la calidad y tipo de producto.

Situación que impulsa a los agricultores a desarrollar soluciones para adaptarse al mercado y generalmente se traducen en innovaciones. Debido a esto es importante mantener una relación estrecha con estos actores para que permitan, como lo plantea Delgado-Verde *et al.* (2011), obtener información para mejorar la calidad de los productos y mantenerse en los mercados. El hecho de no encontrarse influencia de los vínculos de esta red es probable que se deba a que se trata de centrales de abastos y mercados locales y regionales que no demandan productos diferenciados.

Respecto a la red que se establecen entre los proveedores de insumos y servicios y los agricultores, es importante señalar que estos actores son difusores importantes de información, de nuevas tecnologías e innovaciones (Sligo *et al.*, 2005; Solano *et al.*, 2003; Thuo *et al.*, 2014; Wood *et al.*, 2014). Además, en el sector agrícola ofertan los servicio de extensionismo (Klerkx y Jansen, 2010). Kilelu *et al.* (2013) mencionan que la innovación se produce a través de las interacciones entre agricultores, investigadores y proveedores de servicios. Por lo que entre más proveedores de insumos y más diversos sean existe la posibilidad de que ingresen al sistema más y mejores tecnologías e innovaciones.

Por otra parte, es necesario considerar que las recomendaciones de los proveedores de insumos pueden verse influenciadas por la venta de sus productos, por lo que sería necesario considerar la implementación de un sistema de gestión de datos para la toma de decisiones técnicas y administrativas (por ejemplo bitácoras de seguimiento) con el objetivo de evaluar la evolución de los sistemas de producción y plantear acciones que permitan mejorar el sistema regional de innovación.

En relación a la influencia de las instituciones de gobierno sobre los agricultores (además de las ya mencionadas), es la obtención de mayores rendimientos e ingresos y sobre la articulación de las redes con instituciones de enseñanza e investigación es una muestra clara de el efecto de los mecanismos de intervención. Sobre esto, se ha encontrado en el sector agrícola que el éxito de

la intervención gobierno depende de la construcción y la mejora de las redes de colaboración (Wu y Zhang, 2013). En este sentido, las redes ofrecen a los gobiernos nuevas oportunidades para estimular la innovación agrícola (Beers y Geerling-Eiff, 2013).

La influencia de los vínculo de las instituciones de enseñanza e investigación con los agricultores, indican que se establecen con agricultores con mayor nivel de escolaridad y esto se debe a que se trata de ingenieros agrónomos que se dedican a la actividad en la región que son egresados de alguna de estas instituciones. También se encuentran asociadas a la obtención de mejores precios de venta e ingresos, o que sugiere que mediante estos vínculos se obtiene información y tecnologías que les permite ser más eficientes. Al respecto, Bullinger *et al.* (2004) sugieren que las universidades y los centros de investigación tienen un impacto valioso sobre el proceso de creación de conocimiento y la innovación. También, se observa influencia positiva en relación a la red de extensionismo, lo que coincide con Suchiradipta y Saravanan (2014) quienes encontraron que los centros de investigación y los servicios de extensión agrícola son los que desempeña un papel importante en la generación y difusión de tecnologías modernas, lo que sugiere que son actores claves para el desarrollo del sector.

En relación a las redes de aprendizaje no se observan influencias sobre los agricultores, debido posiblemente a que los actores referidos son en su mayoría otros agricultores. Sin embargo, esto indica que se da una impórtate circulación de la información y de las nuevas tecnologías a través de esta red. Derivado de lo anterior, se podrían impulsar un esquema similar a las comunidades de aprendizaje con el objetivo de difundir las tecnologías.

Finalmente, las redes de innovación que se configuran entorno a la agricultura protegida confirman la existencia de suficientes actores que en su conjunto configuran el sistema regional de innovación. De acuerdo a los resultados se puede decir que éste sistema se encuentra en desarrollo, lo que sugiere que con una correcta estrategia de intervención se podría fortalecer con miras a

desarrollar esquemas de dialogo entre los actores que permita la gestación de un esquema de mayor participación en la co-creación y co-innovación tecnológica, como base para alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción.

Al respecto, Romero y Molina (2011) mencionan a las redes estratégicas, como las organizaciones de colaboración y muestran un alto potencial como impulsores de valor de la co-creación y co-innovación. Es decir, son la fuente de creación de valor de forma conjunta y la innovación abierta a través del acceso a nuevas habilidades, conocimientos, mercados y tecnologías, compartiendo el riesgo y la integración de las competencias complementarias.

Por ejemplo en Uruguay, con la idea de la co-innovación Dogliotti *et al.* (2014) encuentra que el enfoque participativo tiene éxito en mejorar significativamente los ingresos familiares y la productividad del trabajo y, al mismo tiempo, reducir la erosión del suelo y mejorar las condiciones socio-económicas. De igual forma, es necesario evaluar la co-evolución de los sistemas de innovación (Hekkert *et al.*, 2007), con el fin de reorientarlo para obtener éxito en la dinámica de innovación. Lo anterior implica un cambio en el paradigma de la innovación (Lee, Olson, y Trimi, 2012) en donde las nuevas ideas y enfoques de diversas fuerzas internas y externas se integran en un proyecto común.

4. 7. Conclusiones

El análisis de las relaciones que configuran las redes permitió identificar los principales actores del sistema regional de innovación y se observan claramente las relaciones que se establecen entre ellos. Lo anterior sugiere existe una rápida difusión de la tecnología en la región de estudio y que los actores involucrados han favorecido el rápido crecimiento de esta actividad. Destacan en esta actividad las instituciones de gobierno, enseñanza e investigación y los proveedores de insumos y servicios que son los que presentan los mayores grados de articulación y son los principales actores encargados de la difusión de nuevas tecnologías.

Respecto a las influencias del capital relacional o activos relacionales las más relevantes son las instituciones de gobierno, enseñanza e investigación y los servicios de extensionismo y sus efectos están directamente relacionados con la eficiencia de los parámetros técnico-económicos agricultores dedicados a la agricultura protegida. Sobre la red de aprendizaje es importante mencionar que su principal función es el de intercambio de conocimiento entre los agricultores y aunque se trate de lazos débiles su importancia radica en que se difunden tecnologías adoptadas y adaptadas *in situ*. Los agricultores con mayores vínculos en el sistema regional de innovación son más eficientes y tiene más acceso a información y tecnologías y mayor capacidad de innovación.

Finalmente, es importante mencionar que se cuenta con los actores que configuran el sistema regional de innovación en agricultura protegida, sin embargo, es importante gestionar su correcto funcionamiento, para lo cual se propone lo siguiente: 1) Una agencia de gestión de la innovación que funcione como un gestor sistémico con el objetivo de difundir nuevas tecnologías e innovaciones y articular de manera efectiva a los actores del sistema, 2) Un programa de fomento de bienes públicos con características específicas que garanticen procesos innovadores en la región, como emparadoras o comercializadoras y 3) Proyectos de impulso a la organización de agricultores, administración agrícola y comercialización, en donde se incluya la gestión de datos para la toma de decisiones e alternativas de modelos de negocios ya que son áreas poco promovidas y no consideradas en las políticas de fomento agrícola.

CONCLUSIONES PROSPECTIVAS

La agricultura protegida se ha posicionado como una alternativa tecnológica sostenible con gran capacidad para la producción intensiva de alimentos, no es un fenómeno exclusivo de México, se trata de una tendencia mundial que en los próximos años se consolidará en el sector y seguirá provocando un proceso de adaptación a las especificidades locales. En el país, este crecimiento se dará en todas las regiones agrícolas, aunque con mayor intensidad en la parte norte. Al mismo tiempo, en la región centro-sur también se presentará una mayor especialización regional y serán más evidentes las aglomeraciones de invernaderos.

Los principales factores que posibilitan mantener una agricultura protegida con una buena dinámica de crecimiento y como una actividad económica atractiva en la región de estudio son: 1) el flujo constante de recursos (nuevas tecnologías, conocimientos, información, etcétera) de las instituciones de gobierno, enseñanza e investigación y los servicios de extensionismo, 2) las redes de aprendizaje de agricultor a agricultor que facilitan el de intercambio de conocimiento y mediante las cuales se difunden tecnologías adoptadas y adaptadas *in situ*, 3) la gran capacidad de búsqueda de nuevas tecnologías, su adopción y adaptación por agentes innovadores presentes en el territorio.

Por otro lado, dado que se trata de pequeños agricultores que se encuentran en una fuerte competencia por los pequeños nichos de mercado, fuertes variaciones en los precios de venta y en los costos de producción de una región a otra, es indispensable para su permanencia y continuidad e integración a las cadenas de valor es necesario desarrollar esquemas de organización diversificar la producción hacia otros productos de alto valor agregado, cumplir con las normas de calidad e inocuidad, desarrollar infraestructura que facilite la comercialización en otros mercados (como empaques regionales). Además, es imprescindible la cooperación de las instituciones educativas y la coordinación con los gobiernos locales y federales.

Así mismo, es indispensable pensar en esquemas de mayor participación en la co-creación y co-innovación tecnológica, como base para desarrollar políticas agrícolas equitativas mediante la diferenciación productiva con el fin lograr la sostenibilidad de los sistemas de producción y un equilibrio regional que beneficie a todos. De ahí que pensar en esquemas de construcción colectiva de la innovación tecnológica donde se integren a la mayoría de los involucrados (investigadores, agricultores, extensionistas, etcétera). En este sentido, la teoría de escenarios y la prospectiva tecnológica son herramientas que podrían ser de utilidad en la planeación de políticas agrícolas y en el desarrollo tecnológico.

Finalmente, es importante resaltar que la metodología utilizada para el estudio del cambio tecnológico e innovación en el sector rural, a través de la integración de la teoría neoclásica, evolutiva y sociotécnica, permite entender desde una perspectiva territorial, las transformaciones y las direcciones en las que evoluciona la tecnología, los vínculos con la dinámica económica, política y social, los efectos que está tiene sobre las regiones agrícolas, los factores que favorecen o limitan su adopción y las conexiones entre todos sus componentes.

LITERATURA CITADA

- Abdulai, A., & Huffman, W. E. (2005). The Diffusion of New Agricultural Technologies: The Case of Crossbred-Cow Technology in Tanzania. *American Journal of Agricultural Economics*, 87(3), 645–659. <http://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2005.00753.x>
- Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, H., Aguilar-Ávila, J., & Klerkx, L. (2015). Information networks that generate economic value: A study on clusters of adopters of new or improved technologies and practices among oil palm growers in Mexico. *Agricultural Systems*, 135, 122–132. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.01.003>
- Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, V. H., Aguilar-Ávila, J., Aguilar, Á. J., Aguilar, G. N., ... Aguilar-Ávila, J. (2013). *Políticas públicas para el fomento de clústers de horticultura protegida con pequeños productores: Lecciones aprendidas. Reporte de Investigación 93*. México: CIESTAAM/UACH.
- Aguilar, G. N., Muñoz, R. M., Santoyo, C. V. H., & Aguilar, Á. J. (2013). Influencia del perfil de los productores en la adopción de innovaciones en tres cultivos tropicales. *Teuken Bidikay*, 4(4), 207–228.
- Ahuja, G. (2000). Collaboration networks, structural holes, and innovation: A longitudinal study. *Administrative Science Quarterly*, 45(3), 425–455. <http://doi.org/10.2307/2667105>
- Appendini, K. A. (2001). Summary for Policymakers. En Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis* (pp. 1–30). Cambridge, D. F.: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Arellano, H. A. (1998). La sociología de la ciencia y técnicas en todos sus estados. Conversación con Bruno Latour. *Argumentos: Estudios Críticos de la Sociedad. UAM-X*, (30), 117–128.
- Arellano, H. A. (2007). Capacidades epistemológicas foucaultianas: la posibilidad de los dispositivos tecnocientíficos. *Revista do Departamento de Psicologia. UFF*, 19(1), 13–36. <http://doi.org/10.1590/S0104-80232007000100002>
- Arellano, H. A., & Ortega, P. C. (2005). Las Redes Sociotécnicas en Torno a la Investigación Biotecnológica del Maíz. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, (38), 255–276.
- Arteaga, A., Medellín, E., & Santos, M. J. (1995). Dimensiones sociales del cambio tecnológico. *Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales*, 14(47), 9–22. Recuperado a partir de <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/nuant/cont/47/cnt/cnt1.pdf>
- Avilez, J. P., Escobar, P., Fabeck, G. Von, Villagran, K., Garcia, F., Matamoros, R., & Garcia Martinez, A. (2010). Productive Characterization of Milk Farms Using Multivariate Analysis. *Revista Científica-Facultad De Ciencias Veterinarias*, 20(1), 74–80.
- Ayala-Garay, A. V., Almaguer-Vargas, G., De la Trinidad-Pérez, N. K., Caamal-Cauich, I., & Rendón-Medel, R. (2009). Competitividad de la producción de mango (*Mangifera indica* L.) en Michoacán. *Revista Chapingo Serie*

- Horticultura*, 15(2), 133–140.
- Barragán-Ocaña, A., & del-Valle-Rivera, M. del C. (2016). Rural development and environmental protection through the use of biofertilizers in agriculture: An alternative for underdeveloped countries? *Technology in Society*, 46, 90–99. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2016.06.001>
- Bartra, A. (2006). Milpas airadas: hacia la autosuficiencia alimentaria y la soberanía laboral. *México en Transición: globalismo, estado y sociedad civil*, 39–58.
- Bastida, T. A. (2008). *Los Invernaderos en México*. (Universidad Autónoma Chapingo, Ed.). Chapingo, México., México.: Universidad Autónoma Chapingo.
- Beers, P. J., & Geerling-Eiff, F. (2013). Networks as Policy Instruments for Innovation. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 20(4), 363–379. <http://doi.org/10.1080/1389224X.2013.846870>
- Bellandi, M., & Caloffi, A. (2010). An Analysis of Regional Policies Promoting Networks for Innovation. *European Planning Studies*, 18(1), 67–82. <http://doi.org/10.1080/09654310903343534>
- Biggs, T., & Shah, M. K. (2006). African SMES, networks, and manufacturing performance. *Journal of Banking and Finance*, 30(11), 3043–3066. <http://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2006.05.004>
- Binswanger, H. P. (1974). A microeconomic approach to induced innovation. *The Economic Journal*, 84(336), 940–958. <http://doi.org/10.2307/2230575>
- Birner, R., Davis, K., Pender, J., Nkonya, E., Anandajayasekeram, P., Ekboir, J., ... Cohen, M. (2009). From Best Practice to Best Fit: A Framework for Designing and Analyzing Pluralistic Agricultural Advisory Services Worldwide. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 15(4), 341–355. <http://doi.org/10.1080/13892240903309595>
- Bloor, D. (1991). *Knowledge and Social Imagery*. University of Chicago Press.
- Boisier, S. (1988). Las regiones como espacios socialmente construidos. *Revista de la CEPAL*, 35, 39–54.
- Borgatti, S. P. (2002). *NetDraw: Graph Visualization Software*. Lexington, KY: Harvard, Analytic Technologies.
- Borra, M. C., García, S. A., & Espasandín, B. F. (2005). Empresa, comportamiento innovador y Universidad: el caso de la Economía Social en Andalucía. *Estudios de Economía Aplicada*, 23(3), 583–606. Recuperado a partir de http://ideas.repec.org/a/lrk/eeart/23_3_3.html
- Bougrain, F., & Haudeville, B. (2002). Innovation, collaboration and SMEs internal research capacities. *Research Policy*, 31(5), 735–747. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00144-5](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00144-5)
- Bozoğlu, M., & Ceyhan, V. (2007). Measuring the technical efficiency and exploring the inefficiency determinants of vegetable farms in Samsun province, Turkey. *Agricultural Systems*, 94(3), 649–656. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.01.007>
- Brioschi, F., Brioschi, M. S., & Cainelli, G. (2002). From the industrial district to the district group: an insight to the evolution of local capitalism in Italy. *Regional Studies*, 36(9), 1037–1052. <http://doi.org/10.1080/0034340022000022521>

- Broncano, F. (1995). *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. España.
- Bruque, S. S., & Moyano, J. (2007). Organisational determinants of information technology adoption and implementation in SMEs: The case of family and cooperative firms. *Technovation*, 27(5), 241–253. <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.12.003>
- Buck, L. E. (1995). Agroforestry policy issues and research directions in the US and less developed countries: insights and challenges from recent experience Driving forces in agroforestry development Several authors have compared the emergence and application of agroforest. *Agroforestry Systems*, 30, 57–73.
- Buesa, M., Baumert, T., Heijs, J., & Martínez, M. (2002). Los factores determinantes de la innovación: un análisis econométrico sobre las regiones Españolas. *Economía Industrial*, 5(347), 67–84.
- Bullinger, H.-J., Auernhammer, K., & Gomeringer, A. (2004). Managing innovation networks in the knowledge-driven economy. *International Journal of Production Research*, 42(17), 3337–3353. <http://doi.org/10.1080/00207540410001695970>
- Burt, R. S. (2011). Structural Holes and Good Ideas 1. *The American Journal of Sociology*, 110(2), 349–399.
- Bush, V. (1999). Ciencia, la frontera sin fin. *Revista de estudios sociales de la ciencia*, 7(14), 66.
- Cáceres, D., Silveti, F., Soto, G., & Rebolledo, W. (1997). La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. *Agro Sur*, 25, 123–135. <http://doi.org/10.4206/agrosur.1997.v25n2-01>
- Callon, M. (1986). Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'année sociologique*.
- 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(3), 215–236. [http://doi.org/10.1016/0048-7333\(92\)90017-X](http://doi.org/10.1016/0048-7333(92)90017-X)
- Caniëls, M. C. J., & Romijn, H. A. (2008). Actor networks in Strategic Niche Management: Insights from social network theory. *Futures*, 40(7), 613–629. <http://doi.org/10.1016/j.futures.2007.12.005>
- Capdevielle, M. (2005). Globalización, especialización y heterogeneidad estructural en México. En M. Cimoli (Ed.), *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina* (pp. 101–126). Santiago de Chile. Recuperado a partir de [internal-pdf://lcw35e-3602887506/LCW35e.pdf%5Chttp://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e.pdf](http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e.pdf)
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233–245. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Carty, J. J. (1924). *Science and business. Reprint and Circular Series, no. 24*. Washington, DC. National Research Council. Washington, DC. National Research Council.
- Casas, R. (2001). *La formación de redes de conocimiento: una perspectiva*

- regional desde México*. Anthropos Editorial.
- Castañeda-Miranda, R., Ventura-Ramos, E., Peniche-Vera, R. del R., & Herrera-Ruiz, G. (2007). Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*, 41(3), 317–335.
- Castro, G. M. De, Mercedes, E., Salazar, A., Sáez, P. L., Emilio, J., & López, N. (2004). El capital relacional como fuente.
- Chen, J., Zhu, Z., & Xie, H. Y. (2004). Measuring intellectual capital: a new model and empirical study. *Journal of Intellectual Capital*, 5(1), 195–212. <http://doi.org/10.1108/14691930410513003>
- Chevalier, F. (1985). *La formación de los latifundios en México*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Chevalier, F. (2007). Orígenes y elaboración de La formación de los grandes latifundios en México . Tierra y sociedad en los siglos XVI y XVII. *Investigaciones Sociales*, (18), 499–508.
- Christensen, C. M., & Raynor, M. E. (2003). *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Boston: Harvard Business School Press.
- Christoplos, I., Sandison, P., & Chipeta, S. (2012). *Guía para evaluar la extensión rural*. GFRAS. Suiza. Recuperado a partir de <http://www.g-fras.org/en/knowledge/gfras-publications.html>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (2011). Absorptive Capacity: A New Perspective on and Innovation Learning. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Cooke, P. (2005). Regionally asymmetric knowledge capabilities and open innovation: Exploring “Globalisation 2” - A new model of industry organisation. *Research Policy*, 34(8), 1128–1149. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.005>
- Cooke, P., Uranga, M. G., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organizational dimensions. *Research Policy*, 26, 475–491. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00025-5](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00025-5)
- Costa, P., & Giacomelli, G. (2005). Los planes del éxito. Agricultura protegida: productividad basada en el nivel tecnológico. *Productores de Hortalizas para Centroamérica (USA)*, 7(1), 42–44.
- Covarrubias-Villa, F. (2010). El Proceso de Construcción de Corpus Teóricos: La importancia de los referentes no teóricos en los procesos de teorización. *Cinta de moebio*, 37(37), 15–28. <http://doi.org/10.4067/S0717-554X2010000100002>
- Custer, R. L. (1995). Examining the dimensions of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 5(3), 219–244.
- Damián, H. M. Á., Ramírez, V. B. B., Parra, I. F. F., Paredes, S. J. A. J. A., Muñoz, A. G. A. G., Olgún, L. J. F. J. F., & León, A. C. A. C. (2007). Tecnología agrícola y territorio: el caso de los productores de maíz de Tlaxcala, México. *Investigaciones Geográficas*, 63(63), 36–55.
- Dasgupta, P., & Serageldin, I. (2001). *Social capital: a multifaceted perspective*. World Bank Publications.
- David, P. A. (1975). *Technical choice, innovation and economic growth: essays*

- on American and British experience in the nineteenth century. Cambridge University Press.
- Davinson, P. G. (2006). *Herramientas de Investigación Social. Guía Práctica del Método Genealógico*. México.
- Davis, K. (2015). *The New Extensionist: Core competencies for individuals*. GFRAS. Suiza. Recuperado a partir de <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll5/id/5143>
- del Águila, O. A. R., & Padilla, M. 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), 129–155.
- Delgado-Verde, M., Martín-de-Castro, G., Navas-López, J. E., & Cruz-González, J. (2011). Capital social, capital relacional e innovación tecnológica. Una aplicación al sector manufacturero español de alta y media-alta tecnología. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14(4), 207–221. <http://doi.org/10.1016/j.cede.2011.04.001>
- Dewick, P., & Miozzo, M. (2004). *Networks and innovation: sustainable technologies in Scottish social housing*. *R&D Management* (Vol. 34). <http://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2004.00342.x>
- Díaz-José, O., Aguilar-Avila, J., Rendón-Medel, R., & Santoyo-Cortés, H. (2013). Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40(2), 279–289. <http://doi.org/10.4067/S0718-16202013000200004>
- Diez, R. J. (2002). Metropolitan innovation systems: a comparison between Barcelona, Stockholm, and Vienna. *International Regional Science Review*, 25(1), 63–85.
- Dogliotti, S., García, M. C., Peluffo, S., Dieste, J. P., Pedemonte, A. J., Bacigalupe, G. F., ... Rossing, W. A. H. (2014). Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, 126, 76–86. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.02.009>
- Doloreux, D. (2004). Regional networks of small and medium sized enterprises: evidence from the Metropolitan Area of Ottawa in Canada1. *European Planning Studies*, 12(2), 173–189. <http://doi.org/10.1080/0965431042000183923>
- Domènech, A. M., & Tirado, S. F. J. (2009). El problema de la materialidad en los estudios de la ciencia y la tecnología. En G. Gatti, I. Martínez de Albéniz, & B. Tejerina (Eds.), *Tecnología, Cultura Experta E Identidad En La Sociedad Del Conocimiento*. Servicio editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao. (pp. 25–52).
- Dorfman, A. (1993). Tecnología e innovaciones tecnológicas. Algunas acotaciones. *Tecnología. Realidad económica (Buenos Aires)*, (116), 120–127. Recuperado a partir de <http://biblat.unam.mx/es/revista/realidad-economica-buenos-aires/articulo/tecnologia-e-innovaciones-tecnologicas-algunas-acotaciones-tecnologia>
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, 11(3), 147–162. [143](http://doi.org/10.1016/0048-</p>
</div>
<div data-bbox=)

7333(82)90016-6

- Dosi, G. (1988). Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of economic literature*, 26(3), 1120–1171. <http://doi.org/10.2307/2726526>
- Douthwaite, B., Keatinge, J. D. H., & Park, J. R. (2001). Why promising technologies fail: The neglected role of user innovation during adoption. *Research Policy*, 30(5), 819–836. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00124-4](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00124-4)
- Durston, J. (2002). *El capital social campesino en la gestión del desarrollo rural: diadas, equipos, puentes y escaleras. El capital social campesino en la gestión del desarrollo rural*. Santiago de Chile. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Dutrénit, G., Capdevielle, M., Corona, J. M., Puchet, M., Santiago, F., & Vera-Cruz, A. (2010). *The Mexican national innovation system: structures, policies, performance and challenges*. Mpra.Ub.Uni-Muenchen.De. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado a partir de https://mpa.ub.uni-muenchen.de/31982/1/MPRA_paper_31982.pdf
- Dutrenit, G., & Sutz, J. (2014). Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo: La experiencia latinoamericana. Foro Consult. Científico y Tecnológico, A. C.
- Echeverría, J. (2010). De las políticas de investigación a las políticas de innovación. *Acta Sociológica*, (51), 13–37.
- Enoch, H. Z., & Enoch, Y. (1999). The history and geography of the greenhouse. En G. Stanhil & H. Z. Enoch (Eds.), *Greenhouse Ecosystems. Ecosystems of the World 20*. (pp. 1–15). Amsterdam.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Fafchamps, M. (2006). Development and social capital. *Journal of Development Studies*, 42(7), 1180–1198. <http://doi.org/10.1080/00220380600884126>
- Feder, G., & Umali, D. L. (1993). The adoption of agricultural innovations. A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 43(3–4), 215–239. [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(93\)90053-A](http://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-A)
- Freeman, C. (1993). *La economía de la esperanza: Ensayos sobre el cambio técnico, el crecimiento económico y el medio ambiente*.
- Freeman, C. (1995). The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5–24.
- Freeman, C., Clark, J., & Soete, L. (1982). *Unemployment and Technical Innovation. A Study of Long Waves and Economic*.
- Friederichsen, R., Minh, T. T., Neef, A., & Hoffmann, V. (2013). Adapting the innovation systems approach to agricultural development in Vietnam: Challenges to the public extension service. *Agriculture and Human Values*, 30(4), 555–568. <http://doi.org/10.1007/s10460-013-9433-y>
- Fuenfschilling, L., & Truffer, B. (2014). The structuration of socio-technical regimes - Conceptual foundations from institutional theory. *Research Policy*, 43(4), 772–791. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.010>

- Fukugawa, N. (2006). Determining factors in innovation of small firm networks: A case of cross industry groups in Japan. *Small Business Economics*, 27(2–3), 181–193. <http://doi.org/10.1007/s11187-006-0010-2>
- Garb, Y., & Friedlander, L. (2014). From transfer to translation: Using systemic understandings of technology to understand drip irrigation uptake. *Agricultural Systems*, 128, 13–24. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.04.003>
- García, A. T. (1991). ¿Se ha agotado la revolución verde? *Revista de Estudios Agrosociales*, (156), 85–104.
- García, S., Aguilar, Á., & Bernal, M. (2011). La agricultura protegida en Tlaxcala, México: La adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización. *Teuken Bidikay*, 2, 193–212.
- García, V. N., Van der Valk, O., & Elings, A. (2011). *Mexican protected horticulture Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed. Rapport GTB-1126*. The Hague. Netherlands.
- Garnaud, J. C. (1995). El estado del arte de la plasticultura. *Horticultura internacional*, 7(7), 17–23. Recuperado a partir de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=36445048&lang=es&site=ehost-live>
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6–7), 897–920. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399–417. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- Genius, M., Koundouri, P., Nauges, C., & Tzouvelekas, V. (2014). Information transmission in irrigation technology adoption and diffusion: Social learning, extension services, and spatial effects. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(1), 328–344. <http://doi.org/10.1093/ajae/aat054>
- Gibbons, M., Limoges, H., Nowotny, S., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*.
- Gilles, J. L., Thomas, J. L., Valdivia, C., & Yucra, E. S. (2013). Laggards or Leaders: Conservers of Traditional Agricultural Knowledge in Bolivia. *Rural Sociology*, 78(1), 51–74. <http://doi.org/10.1111/ruso.12001>
- Godfray, H. C. J. C. J., Beddington, J. R. J. R., Crute, I. R. I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F. J. F., ... Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327(5967), 812–818. <http://doi.org/doi:DOI: 10.1126/science.1185383>
- Godfray, H. C. J. C. J., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Nisbett, N., ... B, P. T. R. S. (2010). The future of the global food system. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 365(1554), 2769–77. <http://doi.org/10.1098/rstb.2010.0180>
- Godin, B. (2006). The Linear Model of Innovation. *Science, Technology, & Human Values*, 31(6), 639–667. <http://doi.org/10.1177/0162243906291865>
- González, A., Jiménez, J. J., & Sáez, F. J. (1997). Comportamiento innovador

- de las pequeñas y medianas empresas. ... *Y Economía De La Empresa*, 3(1944), 93–112. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/187734.pdf>
- González, G. M. I., López, C. J. A., & Luján, J. L. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología*. Madrid: Tecnos.
- Gordo, A. J., & Serrano, A. (2008). *Estrategias y prácticas cualitativas de investigación social*. Madrid.
- Gordon, R. S. (2005). Confianza, capital social y desempeño de organizaciones. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 47(47), 41–55.
- Granovetter, M. (1985). Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91(3), 481–510. <http://doi.org/10.1086/228311>
- Granovetter, M. (2005). The impact of social structure on economic outcomes. *The journal of economic perspectives*, 19(1), 33–50. <http://doi.org/10.1257/0895330053147958>
- Griliches, Z. (1957). Hybrid corn: an exploration in the economic of technological change. *Econometrica*, 25(4), 501–522.
- Grossetti, M. (2009). ¿Qué es una relación social? Un conjunto de mediaciones diádicas. *REDES-Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 6(2), 44–62.
- Guardiola, X., Díaz-Guilera, A., Pérez, C. J., Arenas, A., & Llas, M. (2002). Modeling diffusion of innovations in a social network. *Physical Review E*, 66(26121), 1–4. <http://doi.org/10.1103/PhysRevE.66.026121>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (Quinta). México.
- Hadjimanolis, A. (1999). Barriers to innovation for SMEs in a small less developed country (Cyprus). *Technovation*, 19(9), 561–570. [http://doi.org/10.1016/S0166-4972\(99\)00034-6](http://doi.org/10.1016/S0166-4972(99)00034-6)
- Hagedoorn, J. (2002). Inter-firm R&D partnerships: an overview of major trends and patterns since 1960. *Research Policy*, 31(4), 477–492. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00120-2](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00120-2)
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (1999). *Análisis multivariante* (5a Edición). Madrid.
- Hanna, V., & Walsh, K. (2002). Small firm networks: a successful approach to innovation? *R&D Management*, 32(3), 201–207. <http://doi.org/10.1111/1467-9310.00253>
- Hartwich, F., Monge, P. M., Ampuero, R. L., & Soto, J. L. (2007). Knowledge management for agricultural innovation: lessons from networking efforts in the Bolivian Agricultural Technology System. *Knowledge Management for Development Journal*, 3(2), 21–37. Recuperado a partir de <http://journal.km4dev.org/index.php/km4dj/article/viewFile/106/174>
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Héritier, A. (2002). New modes of governance in Europe: policy-making without legislating. *Common goods: Reinventing European and international*

- governance*, 185–206. <http://doi.org/10.2139/ssrn.299431>
- Hermans, F., Stuiver, M., Beers, P. J., & Kok, K. (2013). The distribution of roles and functions for upscaling and outscaling innovations in agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 115, 117–128. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.09.006>
- Herrera, A. (1978). *Desarrollo, Tecnología y Medio Ambiente. Conferencia en el Primer Seminario Internacional sobre Tecnologías Adecuadas en Nutrición y Vivienda-PNUMA*. México.
- Herrera, T. (2006). Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana. Una aproximación teórica. *Gaceta Laboral*, 12(1), 93–119. Recuperado a partir de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-85972006000100005&lng=es&nrm=iso%3E. ISSN 1315-8597.
- Hewitt-Dundas, N. (2006). Resource and capability constraints to innovation in small and large plants. *Small Business Economics*. <http://doi.org/10.1007/s11187-005-2140-3>
- Hounkonnou, D., Kossou, D., Kuyper, T. W., Leeuwis, C., Nederlof, E. S., Röling, N., ... van Huis, A. (2012). An innovation systems approach to institutional change: Smallholder development in West Africa. *Agricultural Systems*, 108, 74–83. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.007>
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 35(5), 715–728. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2006.03.005>
- Hsueh, L., & Tu, Y. (2004). Innovation and the Operational Performance of Newly Established Small and Med ..., 23, 99–113.
- Huggins, R. (2000). The success and failure of policy-implemented inter-firm network initiatives: motivations, processes and structure. *Entrepreneurship & Regional Development*, 12(December), 111–135. <http://doi.org/10.1080/089856200283036>
- Huggins, R., Johnston, A., & Steffenson, R. (2008). Universities, knowledge networks and regional policy. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 1(2), 321–340. <http://doi.org/10.1093/cjres/rsn013>
- Hughes, T. P. (1983). *Networks of power. electrification in Western society, 1880–1930*. Baltimore: Univ. Press, Baltimore.
- Hughes, T. P. P. (2012). The evolution of large technological systems. En W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch, & D. G. Douglas (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. (pp. 45–77). MIT press.
- INEGI. (2014). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado a partir de <http://www.inegi.org.mx>
- Isaac, M. E. (2012). Agricultural information exchange and organizational ties: The effect of network topology on managing agrodiversity. *Agricultural Systems*, 109, 9–15. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.011>
- Jansen, J., Steuten, C. D. M., Renes, R. J., Aarts, N., & Lam, T. J. G. M. (2010). Debunking the myth of the hard-to-reach farmer: effective communication on udder health. *Journal of dairy science*, 93(3), 1296–306. <http://doi.org/10.3168/jds.2009-2794>

- Jara-Rojas, R., Bravo-Ureta, B. E., & Díaz, J. (2012). Adoption of water conservation practices: A socioeconomic analysis of small-scale farmers in Central Chile. *Agricultural Systems*, 110, 54–62. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.008>
- Jimenez, B. Y. (2014). The Long Economic Cycles and their Dialectics with the Capitalist Development. *Economía y Desarrollo*, 151(1), 44–55. Recuperado a partir de <http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v151n1/eyd04114.pdf>
- Kamien, M. I., & Schwartz, N. L. (1968). Optimal “ Induced ” Technical Change. *Econometrica*, 36(1), 1–17.
- Kaminski, P. C., de Oliveira, A. C., & Lopes, T. M. (2008). Knowledge transfer in product development processes: A case study in small and medium enterprises (SMEs) of the metal-mechanic sector from São Paulo, Brazil. *Technovation*, 28(1–2), 29–36. <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.07.001>
- Katungi, E. M., Edmeades, S., & Smale, M. (2008). Gender, Social Capital and Information Exchange in Rural Uganda. *Journal of International Development*, 20, 35–52. <http://doi.org/10.1002/jid>
- Kaufmann, A., & Tödtling, F. (2001). Science-industry interaction in the process of innovation: The importance of boundary-crossing between systems. *Research Policy*, 30(5), 791–804. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00118-9](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00118-9)
- Kilelu, C. W., Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2013). Unravelling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: Contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural Systems*, 118, 65–77. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.03.003>
- Kiptot, E., Hebinck, P., Franzel, S., & Richards, P. (2007). Adopters, testers or pseudo-adopters? Dynamics of the use of improved tree fallows by farmers in western Kenya. *Agricultural Systems*, 94(2), 509–519. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.01.002>
- Klerkx, L., Aarts, N., & Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems*, 103(6), 390–400. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.012>
- Klerkx, L., Hall, A., & Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer? *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 8(5/6), 409. <http://doi.org/10.1504/IJARGE.2009.032643>
- Klerkx, L., Hall, A., & Leeuwis, C. (2013). Fortalecimiento de la capacidad de innovación agrícola: ¿los gestores sistémicos de innovación son la respuesta? *Escalando innovaciones Rurales*, 87.
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009a). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 849–860. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.001>
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009b). Shaping Collective Functions in Privatized Agricultural Knowledge and Information Systems: The Positioning and Embedding of a Network Broker in the Dutch Dairy Sector. *The Journal of*

- Agricultural Education and Extension*, 15(1), 81–105.
<http://doi.org/10.1080/13892240802617445>
- Köhler, H.-D., & Begega, S. G. (2014). Elements for a sociological concept of innovation. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 29, 67–88. <http://doi.org/10.5944/empiria.29.2014.12942>
- Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. (Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed.). Cambridge: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kuss, E., Flores, D., & Harrison, T. (2016). Mexico Tomato Annual Mexico Continues to Expand Greenhouse Tomato Production. GAIN Report Number: MX6021, 1–9. Recuperado a partir de [http://gain.fas.usda.gov/Recent GAIN Publications/Tomato Annual_Mexico City_Mexico_6-1-2016.pdf](http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Tomato%20Annual_Mexico%20City_Mexico_6-1-2016.pdf)
- Lane, D., & Maxfield, R. (1996). Strategy under Complexity: Fostering Generative Relationships. *Long Range Planning*, 29(2), 215–231. [http://doi.org/10.1016/0024-6301\(96\)00011-8](http://doi.org/10.1016/0024-6301(96)00011-8)
- Laschewski, L., Phillipson, J., & Gorton, M. (2002). The facilitation and formalisation of small business networks: Evidence from the North East of England. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 20(3), 375–391. <http://doi.org/10.1068/c0066a>
- Latour, B. (1996). *Aramis, or, The love of technology*. Harvard University Press.
- Latour, B. (2001). *La esperanza de Pandora: Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Barcelona: Gedisa.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social*. Oxford, London.: Oxford University Press.
- Latour, B. (2007). *Nunca fuimos modernos: Ensayo de antropología simétrica*. Buenos Aires, Argentina: Siglo XXI.
- Law, J. (2012). Technology and heterogeneous engineering: the case of Portuguese expansion. En W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch, & D. G. Douglas (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (pp. 105–128).
- Lee, S. M., Olson, D. L., & Trimi, S. (2012). Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values. *Management Decision*, 50(5), 817–831. <http://doi.org/10.1108/00251741211227528>
- Leeuwis, C., & Aarts, N. (2011). Rethinking Communication in Innovation Processes: Creating Space for Change in Complex Systems. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 17(1), 21–36. <http://doi.org/10.1080/1389224X.2011.536344>
- Leeuwis, C., & Van den Ban, A. (2004). Communication for Rural Innovation: Rethinking Agricultural Extension.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of place*. Oxford: Basil Blackwell.
- Leibold, M., Probst, G., & Gibbert, M. (2002). *Strategic Management in the Knowledge Economy*. New York: Wiley.
- Lester, R. K., & Piore, M. J. (2004). *Innovation. The Missing Dimension*. (Cambridge: Harvard University Press).
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a triple helix of university-industry-government relations. *Science and Public Policy*, 23(5), 279–286.

- <http://doi.org/10.1093/spp/23.5.279>
- Liefner, I., Hennemann, S., & Xin, L. (2006). Cooperation in the innovation process in developing countries: empirical evidence from Zhongguancun, Beijing. *Environment and Planning A*, 38, 111–130. <http://doi.org/10.1068/a37343>
- Linck, T. (1991). El trabajo campesino. *Argumentos*, 13.
- Llanos-Hernández, L. (2010). El concepto del territorio y la investigación en las ciencias sociales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 207–220. Recuperado a partir de <http://www.colpos.mx/asyd/volumen7/numero3/asd-10-001.pdf>
- Löfsten, H., & Lindelöf, P. (2005). R&D networks and product innovation patterns - Academic and non-academic new technology-based firms on Science Parks. *Technovation*, 25(9), 1025–1037. <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.02.007>
- Lowitt, K., Hickey, G. M., Saint Ville, A., Raeburn, K., Thompson-Col??n, T., Laszlo, S., & Phillip, L. E. (2015). Factors affecting the innovation potential of smallholder farmers in the Caribbean Community. *Regional Environmental Change*, 15(7), 1367–1377. <http://doi.org/10.1007/s10113-015-0805-2>
- Lubell, M., Niles, M., & Hoffman, M. (2014). Extension 3.0: Managing agricultural knowledge systems in the network age. *Society & Natural Resources*, 27(10), 1089–1103. <http://doi.org/10.1080/08941920.2014.933496>
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3–42. [http://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](http://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Luna, M. (2003). *Itinerarios del conocimiento: formas, dinámicas y contenido: un enfoque de redes*. (Editorial Anthropos, Ed.). México, D. F.: Anthropos.
- Luna, M., & Velasco, J. L. (2005). Confianza y desempeño en las redes sociales. *Revista Mexicana de Sociología*, 67(1), 127–162.
- Lundvall, B.-Å. B. Å. (1992). *National systems of Innovation: Towards a theory of interactive learning*. (P. London, Ed.). Anthem Press.
- Maggioni, M. A., Nosvelli, M., & Uberti, T. E. (2007). Space versus networks in the geography of innovation: A European analysis. *Papers in Regional Science*, 86(3), 471–493. <http://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2007.00130.x>
- Maggioni, M. A., & Uberti, T. E. (2009). Knowledge networks across Europe: Which distance matters? *Annals of Regional Science*, 43, 691–720. <http://doi.org/10.1007/s00168-008-0254-7>
- Malassis, L. (1982). Formation et développement des systèmes agricoles de production. En *Système de production agricole. Quelques problèmes d'évaluation* (pp. 8–11). Montpellier.
- Mancinelli, S., & Mazzanti, M. (2009). Innovation, networking and complementarity: Evidence on SME performances for a local economic system in North-Eastern Italy. *Annals of Regional Science*, 43, 567–597. <http://doi.org/10.1007/s00168-008-0255-6>
- Mangematin, V., & Callon, M. (1995). Technological competition, strategies of the firms and the choice of the first users: the case of road guidance technologies. *Research Policy*, 24(3), 441–458. [http://doi.org/10.1016/0048-7333\(93\)00776-P](http://doi.org/10.1016/0048-7333(93)00776-P)

- Mariano, M. J., Villano, R., & Fleming, E. (2012). Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. *Agricultural Systems*, 110, 41–53. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.010>
- Markusen, A. (2003). Fuzzy Concepts, Scanty Evidence, Policy Distance: The Case for Rigour and Policy Relevance in Critical Regional Studies. *Regional Studies*, 37(6–7), 701–717. <http://doi.org/10.1080/0034340032000108796>
- Marra, M., Pannell, D. J., & Abadi, G. A. (2003). The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: Where are we on the learning curve? *Agricultural Systems*, 75(2–3), 215–234. [http://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00066-5](http://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00066-5)
- Martínez-González, E. G., Muñoz-Rodríguez, M., García-Muñoz, J. G., Santoyo-Cortés, V. H., Altamirano-Cárdenas, J. R., Romero-Márquez, C., Altamirano-Cárdenas, J. R., & Romero-Márquez, C. (2011). El fomento de la ovinocultura familiar en México mediante subsidios en activos: lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 367–377. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/am.v22i2.11830>
- Mayntz, R., & Hughes, T. P. (1988). *The development of large technical systems*. Frankfurt. Frankfurt.
- Mazurek, H. (2012). *Espacio y territorio. Instrumentos metodológicos de investigación social*. La Paz: Fundación PIEB.
- Meijer, S. S., Catacutan, D., Ajayi, O. C., Sileshi, G. W., & Nieuwenhuis, M. (2014). The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 13(1), 40–54. <http://doi.org/10.1080/14735903.2014.912493>
- Mejía, R. P., Gutiérrez, A. E. E., & Farías, S. C. A. (2006). La sincronización de los ciclos económicos de México y Estados Unidos. *Investigación Económica*, 65(258), 15–45.
- Millar, J., & Connell, J. (2010). Strategies for scaling out impacts from agricultural systems change: The case of forages and livestock production in Laos. *Agriculture and Human Values*, 27(2), 213–225. <http://doi.org/10.1007/s10460-009-9194-9>
- Minh, T. T., Friederichsen, R., Neef, A., & Hoffmann, V. (2014). Niche action and system harmonization for institutional change: Prospects for demand-driven agricultural extension in Vietnam. *Journal of Rural Studies*, 36, 273–284. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2014.09.008>
- Monge, P. M., & Hartwich, F. (2008). Análisis de Redes Sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *REDES-Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 14(2), 1–31. <http://doi.org/978-950-34-0513-0>
- Montañez, G. G., & Delgado, M. O. (1998). Espacio, territorio y region: Conceptos básicos para un proyecto nacional. *Cuadernos de Geografía*, 7(1–2), 120–135.
- Moreno, R. A., Aguilar, D. J., & Luévano, G. A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15(29), 763–774.

- Moser, C. M., & Barrett, C. B. (2006). The complex dynamics of smallholder technology adoption: The case of SRI in Madagascar. *Agricultural Economics*, 35(3), 373–388. <http://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2006.00169.x>
- Mowery, D. C., & Rosenberg, N. (1999). *Paths of innovation: Technological Change in 20th Century America*. (C. U. Press, Ed.).
- Moxley, R. L., & Brandon Lang, K. (2006). The importance of social context influences on new farm technology sustainability: community and sub-community characteristics in Jamaica. *Technology in Society*, 28(3), 393–406. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.08.005>
- Muñoz-Rodríguez, M. Altamirano-Cárdenas, J. R. (2008). Innovation models in the Mexican agricultural/food sector. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 5, 185–211.
- Muñoz, R. M., Aguilar, Á. J., Rendón, M. R., & Altamirano, C. J. R. (2007). *Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias*. (Uac.-C. / PIIAI, Ed.). Chapingo, México.
- Muñoz, R. M., Altamirano, C. J. R., Aguilar, Á. J., Rendón, M. R., & Espejel, G. A. (2007). *Innovación: Motor de la Competitividad Agroalimentaria. Políticas y Estrategias para que en México Ocurra*. Universidad Autónoma Chapingo –CIESTAAM/PIIAI. Chapingo, México.
- Muñoz, R. M., Rendón, M. R., Aguilar, A. J., García, M. J., & Altamirano, C. J. (2004). *Redes de Innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el Desarrollo Rural*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Murdoch, J. (2000). Networks - A new paradigm of rural development? *Journal of Rural Studies*, 16(4), 407–419. [http://doi.org/10.1016/S0743-0167\(00\)00022-X](http://doi.org/10.1016/S0743-0167(00)00022-X)
- Namara, R. E., Nagar, R. K., & Upadhyay, B. (2007). Economics, adoption determinants, and impacts of micro-irrigation technologies: Empirical results from India. *Irrigation Science*, 25(3), 283–297. <http://doi.org/10.1007/s00271-007-0065-0>
- Neffa, J. (2000). *Las innovaciones científicas y tecnológicas. Una introducción a su economía política*. Buenos Aires, Argentina: Lumen.
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., ... Lee, D. (2009). *Cambio climático: el impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. IFPRI.
- Nelson, R., & Nelson, K. (2002). Technology, institutions, and innovation systems. *Research Policy*, 31(2), 265–272. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00140-8](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00140-8)
- Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1977). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, 6(1), 36–76. [http://doi.org/10.1016/0048-7333\(77\)90029-4](http://doi.org/10.1016/0048-7333(77)90029-4)
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (2009). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Nieto, M. J., & Santamaría, L. (2007). The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. *Technovation*, 27(6–7), 367–

377. <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.10.001>
- Nooteboom, B. (2000). Learning by Interaction: Absorptive Capacity, Cognitive Distance and Governance. *Journal of Management and Governance*, 4(1), 69–92. <http://doi.org/10.1023/A:1009941416749>
- Novo, A., Jansen, K., & Slingerland, M. (2015). The novelty of simple and known technologies and the rhythm of farmer-centred innovation in family dairy farming in Brazil. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 13(2), 135–149. <http://doi.org/10.1080/14735903.2014.945320>
- O'Regan, N., Ghobadian, A., & Sims, M. (2006). Fast tracking innovation in manufacturing SMEs. *Technovation*, 26(2), 251–261. <http://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.01.003>
- Olaya, D. A. (2008). Economía De La Innovación Y Del Cambio Tecnológico: Aproximación Teórica Desde El Pensamiento Schumpeteriano. *Revista Ciencias Estratégicas*, 16(20), 237–246. Recuperado a partir de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151312829002%5Cnhttp://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/economia-innovacion-cambio-tecnologico-aproximacion-teorica-pensamiento-schumpeteriano/id/46060506.html
- Olivares, G. R. (2008). *La agricultura bajo cubierta, ¿Una opción para el pequeño productor agrícola? (El caso de los pequeños productores de tomate del Estado de Hidalgo)*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Oreszczyn, S., Lane, A., & Carr, S. (2010). The role of networks of practice and webs of influencers on farmers' engagement with and learning about agricultural innovations. *Journal of Rural Studies*, 26(4), 404–417. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2010.03.003>
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OECD), & OECD. (2005). *Manual de Oslo, La Medida de las Actividades Científicas y Tecnológicas, Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. OECD (3rd Editio, Vol. 30). Tragsa. <http://doi.org/10.1787/9789264065659-es>
- Ortega-Martínez, L. D., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Martínez-Valenzuela, C., Huerta- De la Peña, A., & Jaramillo-Villanueva, J. L. (2014). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México. *Bio Ciencias*, 2(4), 261–270. <http://doi.org/10.15741/revbio.02.04.04>
- Osorio, M. C. (2003). *Aproximaciones a la tecnología desde los enfoques en CTS*. (la C. y la C. Organización de los Estados Iberoamericanos para la Educación, Ed.). Colombia.
- Pacey, A. (1983). *La Cultura de la Tecnología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Pacheco, A. A. (2008). Fundamentos técnicos para el diseño y construcción de invernaderos. *2000Agro*, 51, 12–16.
- Pacheco, A. A., & Bastida, T. A. (2011). Agricultura Protegida (Ventajas y Desventajas en el uso de Invernaderos). *TecnoAgro*, 69.
- Padilla-Bernal, L. E., Pérez, V. O., Rumayor, R. A. F., & Reyes, R. E. (2008). Competitividad sistémica de la industria del tomate de invernadero en Zacatecas. *Investigación Científica*, 4(2), 1–8.

- Pannell, D. J., Marshall, G. R., Barr, N., Curtis, A., Vanclay, F., & Wilkinson, R. (2006). Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(11), 1407–1424. <http://doi.org/10.1071/EA05037>
- Pekkarinen, S., & Harmaakorpi, V. (2006). Building regional innovation networks: The definition of an age business core process in a regional innovation system. *Regional Studies*, 40(4), 401–413. <http://doi.org/10.1080/00343400600725228>
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de la CEPAL*, 75, 115–136.
- Pérez, L. C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante de datos*. (U. C. de Madrid, Ed.). Madrid, España.
- Pimienta, L. R. (2000). Encuestas probabilísticas vs . no probabilísticas. *Política y Cultura*, (13), 263–276.
- Pinch, T. J., & Bijker, W. E. (1984). The Social Construction of Facts and Artefacts: or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit Each Other. *Social Studies of Science*, 14(3), 399–441. <http://doi.org/10.1177/030631284014003004>
- Pittaway, L., Robertson, M., Munir, K., Denyer, D., & Neely, A. (2004). Networking and innovation: a systematic review of the evidence 200. *International Journal of Management Reviews*, 5–6(3–4), 137–168. <http://doi.org/10.1111/j.1460-8545.2004.00101.x>
- Pontie, G. (1993). *Sistemas de producción: ¿Concepto o lugar de encuentro? El punto de vista de un sociólogo. Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola*. México: Colegio de Postgraduados/ORSTOM.
- Pujol, A. J., & Fernández, P. L. (2001). El cambio tecnológico en la historia agraria de la España contemporánea. *Historia Agraria*, (24), 59–86.
- Quinn, J. B. (1992). *Intelligent Enterprise: A Knowledge and Service Based Paradigm for Industry*. New York: Free Press.
- Reddy, A. K. N. (1979). *National and regional technology groups and institutions: An assessment. Towards global action for appropriate technology*. Oxford: Pergamon.
- Rendón, M. R., & Aguilar, Á. J. (2013). *Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas*. México: CIESTAAM/UACH.
- Rip, A. (1992). A Quasi-Evolutionary Model of Technological Development and a Cognitive Approach to Technology Policy. *RISESST. Rivista di studi epistemologici e sociale sulla scienza e la tecnologia*, 2, 69–102.
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. *Human Choice and Climate Change*, 2(Vol. 2: Resources and Technology), 327–399. <http://doi.org/10.1007/BF02887432>
- Rivera, W. M., & Sulaiman, V. R. (2009). Extension: Object of reform, engine for innovation. *Outlook on Agriculture*, 38(3), 267–273. <http://doi.org/10.5367/000000009789396810>
- Rivers, W. H. R. (1975). El método genealógico de la investigación antropológica. En J. Llobera (Ed.), *La Antropología Como Ciencia*. (pp. 85–96). Barcelona, España.: Editorial Anagrama.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. Newyork Free Press.

- Recuperado a partir de
<http://hollis.harvard.edu/?itemid=%7Clibrary/m/aleph%7C006256656>
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1038. <http://doi.org/10.1086/261420>
- Romero, D., Molina, A., & Romero, David; Molina, A. (2011). Collaborative networked organisations and customer communities: value co-creation and co-innovation in the networking era. *Production Planning & Control*, 22(5/6), 447–472. <http://doi.org/10.1080/09537287.2010.536619>
- Roper, S. (1997). Product innovation and small business growth: A comparison of the strategies of German, UK and Irish companies. *Small Business Economics*, 9(6), 523–537. <http://doi.org/10.1023/A:1007963604397>
- Rotmans, J., Kemp, R., & van Asselt, M. (2001). Emerald Article: More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight*, 3(1), 15–31. <http://doi.org/10.1108/14636680110803003>
- Rucoba, G. A. G. A., Anchonfo, N. A. N. A., Luján, Á. C. Á. C., & Olivas, G. J. M. G. J. M. (2006). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la Región Centro-Sur de Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 10(19), 1–10.
- Ruttan, V. W. (1996). What Happened to Technology Adoption- Diffusion Research? *Sociologia Ruralis*, 36(1), 51–73. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9523.1996.tb00004.x>
- SAGARPA. (2012). Secretaría de Ganadería Agricultura Pesca y Alimentación. Agricultura Protegida 2012.
- Sahal, D. (1981). *Patterns of technological innovation*. (Addison–Wesley, Ed.). Reading, Massachusetts.
- Salom, C. J. (2003). Innovación y actores locales en los nuevos espacios económicos: un estado de la cuestión. *Boletín de la AGEN*, (36), 7–30.
- Schmid, S. K., & Werle, R. (1992). The development of compatibility standards in telecommuni- cations: conceptual framework and theoretical perspectives. En M. Dierkes & U. Hoffmann (Eds.), *New Technology at the Outset: Social Forces in the Shaping of Technological Innovations*. Frankfurt.
- Schot, J. (1992). *The policy relevance of the quasi-evolutionary model: the case of stimulating clean technologies. Technological change and company strategies: economic and sociological perspectives*.
- Schumpeter, J. A. (1969). *Teoría del desenvolvimiento económico*. México.
- Schumpeter, J. A. (1974). *The theory of economic development*. Oxford.
- Schwentesi, R. R., & Gómez, C. M. Á. (2001). El TLCAN y el sector agroalimentario de México. *Comercio Exterior*, 51(6), 545–554.
- Seris, J. P. (1994). *La technique*. (Presses Universitaires de France, Ed.). Paris.
- Serres, M. (1980). *Le Parasite*. París.
- SIAP. (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Boletín semanal del SIAP de la SAGARPA. 2.
- Sligo, F. X., Massey, C., & Lewis, K. (2005). Informational benefits via knowledge networks among farmers. *Journal of Workplace Learning*, 17(7), 452–466. <http://doi.org/10.1108/13665620510620034>
- Solano, C., León, H., Pérez, E., Herrero, M., León, H., Pérez, E., & Herrero, M.

- (2003). The role of personal information sources on the decision-making process of Costa Rican dairy farmers. *Agricultural Systems*, 76(1), 3–18. [http://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00074-4](http://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00074-4)
- Spielman, D. J., Davis, K., Negash, M., & Ayele, G. (2011). Rural innovation systems and networks: Findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agriculture and Human Values*, 28(2), 195–212. <http://doi.org/10.1007/s10460-010-9273-y>
- Stankiewicz, R. (1992). Technology as an autonomous socio-cognitive system. En Springer Berlin Heidelberg (Ed.), *Dynamics of Science-Based Innovation*. (pp. 19–44).
- Stevens, R. (1941). *A Report on Industrial Research as a National Resource: Introduction, Research: A National Resource (II): Industrial Research*, NRC. Washington, DC: USGPO.
- Stoneman, P. (1983). *The economic analysis of technological change*. Oxford.
- Storper, M. (1997). Las economías regionales como activos relacionales. *Ekonomiaz*, 10–45.
- Suchiradipta, B., Saravanan, R., Raj, S., & Saravanan, R. (2015). Agricultural Innovation Systems (AIS): A Study of Stakeholders and their Relations in System of Rice Intensification (SRI). *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 21(4), 343–368. <http://doi.org/10.1080/1389224X.2014.939200>
- Swan, J., Scarbrough, H., & Robertson, M. (2002). The Construction of 'Communities of Practice' in the Management of Innovation. *Management Learning*, 33(4), 477–496. <http://doi.org/10.1177/1350507602334005>
- Taracena, A. A. (2008). Propuesta de definición histórica para región. *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, 181–204.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, 15(6), 285–305. [http://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](http://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2)
- Terrones, C. A., & Sánchez, T. Y. (2011). Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15(29), 752–761.
- Tether, B. (2002). Who co-operates for innovation, and why. An empirical analysis. *Research Policy*, 31, 947–967. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00172-X](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00172-X)
- Thomas, H. (2010). Los estudios sociales de la tecnología en América Latina. *Íconos: Revista de Ciencias Sociales*, (37), 35–53. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3319094>
- Thomas, H., & Gianella, C. (2006). Trayectorias de aprendizaje y dinámicas de resolución de problemas en instituciones latinoamericanas de generación y transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos. *Espacios*, 27(2).
- Thuo, M., Bell, A. A., Bravo-Ureta, B. E., Lachaud, M. A., Okello, D. K., Okoko, E. N., ... Puppala, N. (2014). Effects of social network factors on information acquisition and adoption of improved groundnut varieties: The case of Uganda and Kenya. *Agriculture and Human Values*, 31(3), 339–353. <http://doi.org/10.1007/s10460-014-9486-6>
- Tinoco, O. (2008). Una aplicación de la prueba chi cuadrado con SPSS.

- Industrial data*, 11(1), 73–77.
- Tirado, F., López, D., Callén, B., & Domènech, M. (2008). La producción de fiabilidad en entornos altamente tecnificados. Apuntes etnográficos sobre un servicio de teleasistencia domiciliaria. *Papeles del CEIC. International Journal on Collective Identity Research*, 2008(2), 1–28. Recuperado a partir de <http://www.ehu.es/ojs/index.php/papelesCEIC/article/view/12229>
- Turrent-Fernández, A., & Cortés-Flores, J. I. (2005). Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 265–272. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57323214>
- Tylecote, A. (1993). *The Long Wave in the World Economy. The Present Crisis in Historical Perspective*. New York, USA: Routledge.
- Uc, H. L. J., García, P. de L. D., & Bastida, A. F. J. (2008). Los sistemas de control de gestión y la innovación: Su efecto sobre el 1 rendimiento de las PYMES. *Actualidad Contable FACES*, (17), 135–152.
- Urrestarazu, E. R. (1989). La región un debate permanente. *Lurralde: Investigación y espacio*, 12, 117–125.
- Valenzuela, A., & Contreras, O. F. (2013). Confianza e innovación tecnológica en pequeñas empresas. Las industrias metalmecánica y de tecnologías de la información de Sonora. *Papeles de Poblacion*, 19(76), 233–269.
- van den Belt, H., & Rip, A. (2012). The Nelson-Winter-Dosi Model and Synthetic Dye Chemistry. En W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch, & D. G. Douglas (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. (pp. 129–154).
- Vargas-Canales, J. M., Castillo-González, A. M., Pineda-Pineda, J., Ramírez-Arias, J. A., & Avitia-García, E. (2014). Nutrient extraction of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in mixtures of volcanic rock with fresh and recycled sawdust. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(1), 71–88. <http://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.02.005>
- Vargas, C. J. M., Palacios, R. M. I., Camacho, V. J. H., Aguilar, Á. J., & Ocampo, L. J. G. (2015). Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 827–840.
- Verspagen, B. (1992). Endogenous innovation in neoclassical growth models: A survey. *Journal of Macroeconomics*, 14(4), 631–662. [http://doi.org/10.1016/0164-0704\(92\)90004-R](http://doi.org/10.1016/0164-0704(92)90004-R)
- Voelpel, S. C., Leibold, M., & Eckhoff, R. A. (2006). The tyranny of the Balanced Scorecard in the innovation economy. *Journal of Intellectual Capital*, 7(1), 43–60. <http://doi.org/10.1108/14691930610639769>
- Wasserman, S., & Faust, K. (1999). Social network analysis in the social and behavioral sciences. En S. Wasserman & K. Faust (Eds.), *Social Network Analysis. Methods and Applications. Structural Analysis in the Social Sciences*. USA: Cambridge University Press.
- Whitley, R. (2002). Developing innovative competencies: the role of institutional framework. *Industrial & Corporate Change*, 11(3), 497–528. <http://doi.org/10.1093/icc/11.3.497>
- Wijerathna, M., Weerakkody, W., & Kiringigoda, S. (2014). Factors affecting the

- discontinuation of protected agriculture enterprises in Sri Lanka. *The Journal of Agricultural Science*, 9(2), 78–87. Recuperado a partir de file:///C:/Users/acharys/Downloads/6912-24416-1-PB.pdf
- Winner, L. (1979). *Tecnología autónoma*. Barcelona, España.: Gustavo Gil SA.
- Winner, L. (1986). *The Whale and the Reactor. A Search for the Limits in an Age of High Technology*. Chicago.
- Winter, S. G. (1991). “Competition and Selection” y “ Evolution and Natural Selection”. En London. Macmillan. (Ed.), *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*.
- Wood, B. A., Blair, H. T., Gray, D. I., Kemp, P. D., Kenyon, P. R., Morris, S. T., & Sewell, A. M. (2014). Agricultural science in the wild: A social network analysis of farmer knowledge exchange. *PLoS ONE*, 9(8). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0105203>
- Wu, B., & Zhang, L. (2013). Farmer innovation diffusion via network building: A case of winter greenhouse diffusion in China. *Agriculture and Human Values*, 30(4), 641–651. <http://doi.org/10.1007/s10460-013-9438-6>
- Wynarczyk, P., Piperopoulos, P., & McAdam, M. (2013). Open innovation in small and medium-sized enterprises: An overview. *International Small Business Journal*, 31(3), 240–255. <http://doi.org/10.1177/0266242612472214>
- Youndt, M. A., Subramaniam, M., & Snell, S. A. (2004). Intellectual capital profiles: an examination of investments and returns. *Journal of Management Studies*, 41(2), 335–361.
- Zarazúa, J. A., Almaguer-Vargas, G., & Rendón-Medel, R. (2012). Capital social. Caso red de innovación de maíz en Zamora, Michoacán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 9(68), 105–124.
- Zarazúa, J. A., Solleiro, J. L., Altamirano, C. R., Castañón, I. R., & Rendón, M. R. (2009). Esquemas de innovación tecnológica y su transferencia en las agroempresas frutícolas del estado de Michoacán. *Estudios Sociales*, 17(34), 37–71.

Apéndice 1. PROPUESTA DE INDICADORES PARA ANALIZAR SISTEMAS DE INNOVACIÓN AGRÍCOLA: ESTUDIO DE CASO EN AGRICULTURA PROTEGIDA

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un conjunto de indicadores para medir los procesos de innovación en pequeñas y medianas empresas de agricultura protegida. La investigación parte del análisis del concepto de innovación y de los sistemas de innovación. Como herramienta metodológica se utilizó el enfoque de competitividad sistémica, ya que sus cuatro niveles analíticos posibilitan profundizar el estudio de las complejas interacciones que se establecen en estos sistemas. Los datos fueron obtenidos mediante recorridos de observación, encuestas semi-estructuradas, entrevistas personales y paneles con productores de jitomate en agricultura protegida en la región centro de México. La actividad en la región de estudio es reciente y su desarrollo se relaciona con los subsidios del Estado para su construcción. Las unidades de producción son pequeñas y con niveles tecnológicos básicos, no cuentan con administración formal y la asesoría técnica que reciben es proporcionada principalmente por proveedores de insumos. La comercialización se realiza en mercados regionales a través de intermediarios. La propuesta plantea que en el nivel meta se debe generar un índice de cohesión del sistema productivo; para el nivel macro integrar el análisis Shift-Share. Para el nivel meso, considerar la densidad de infraestructura tecnológica y las redes de conocimiento e innovación. En el nivel micro, un índice de adopción de innovaciones e indicadores de rentabilidad para la actividad.

Palabras clave: Competitividad sistémica, cambio tecnológico, desarrollo local, política pública.

1. Introducción

América Latina es una región en donde destaca el carácter heterogéneo y especializado de sus economías. En ella, se realizan actividades productivas con altos niveles de desigualdad, productividad y remuneraciones (Capdevielle, 2005; Cimoli, 2005). Uno de los aspectos de dicha desigualdad se encuentra configurada por las diferencias tecnológicas existentes entre un grupo reducido de actividades productivas, cuyas técnicas se hallan próximas a la frontera del conocimiento, y un grupo más numeroso de actividades basadas en un saber-hacer tradicional.

En el sector agrícola mexicano el uso de tecnología ha servido, históricamente, como herramienta mediadora entre el hombre y la naturaleza. Su función básica, en teoría, es contribuir sustancialmente a transformar la naturaleza para beneficio de la gente que vive del campo (Herrera, 2006). Uno de los ejemplos más claros del uso de la tecnología en el sector rural son los sistemas de producción en ambientes controlados o agricultura protegida (en sus diferentes modalidades), que permite controlar de manera importante las condiciones ambientales y mejorar la eficiencia de los recursos que se utilizan.

La agricultura protegida, en particular, la producción en invernaderos, se considera un sistema tecnológico que permite manejar las condiciones óptimas para el desarrollo de plantas cultivadas, con lo que se logra incrementar la productividad en cantidad, calidad, y oportunidad comercial (Bastida, 2008; Castañeda-Miranda, Ventura-Ramos, Peniche-Vera, y Herrera-Ruiz, 2007; Moreno, Aguilar, y Luévano, 2011). Es una herramienta tecnológica empleada por los productores ante la necesidad de elevar la rentabilidad de la actividad económica y se ha constituido como una de las tecnologías más promovida por los programas gubernamentales de apoyo a la producción.

Al mismo tiempo se ha llegado a considerar, por especialistas tecnológicos y funcionarios del ramo agropecuario, como una tecnología viable para impulsar el incremento de la productividad agrícola. De tal manera que en 1980 la superficie cultivada bajo estos sistemas de producción era de tan solo 300

hectáreas, mismas que en el 2012 se reportaron alrededor de 20 mil hectáreas (SIAP, 2013). No obstante, no se cuentan con datos precisos de la superficie nacional cultivada en estos sistemas (García, Van der Valk, y Elings, 2011).

En la actualidad el 39% de los invernaderos se encuentren inactivos o abandonados, el 19 % estancados o decreciendo (Aguilar, Aguilar, Muñoz, y Santoyo, 2013), debido a distintos factores que no se consideraron en su implementación. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), por medio de sus programas, ha promovido en todos los sectores de productores este sistema productivo, sin considerar los puntos críticos de la actividad, con lo que se ha generado un uso ineficiente del gasto público, ya que la construcción mayoría de los invernaderos en el país son subsidiados por el Estado.

No obstante la importancia de la agricultura protegida en México, no existen indicadores específicos que permitan medir los procesos de innovación, por lo que, es necesario diseñar indicadores válidos y confiables que permitan medir los procesos de innovación de manera integral, que sirva para analizar con mayor precisión el comportamiento de los sistemas de innovación en esta actividad. Esto debido a que la mayoría de los indicadores desarrollados están orientados a las cuestiones macroeconómicas o microeconómicas. Además, el análisis de los procesos de innovación muestra un sesgo hacia el sector manufacturero, las empresas de alta tecnología, el sector privado y las grandes empresas (Djellal y Gallouj, 1999; Holbrook y Hughes, 2001; Salazar, Holbrook, y Holbrook, 2004).

Por ejemplo, el uso de patentes como indicador implica inconvenientes formales, ya que muchas innovaciones no se patentan, mientras que otras son protegidas por una multiplicidad de patentes. Algunas tienen un valor tecnológico y económico nulo, mientras que otras tienen un enorme valor (OECD, 1994). Esto hace evidente la necesidad de obtener indicadores comparables y que realmente expliquen y caractericen a los sistemas de innovación. Es relevante, principalmente como insumo para los hacedores de

políticas, ya que éstos constituyen una base para el diseño, la implementación y la evaluación de la política pública (Olaya y Peirano, 2007).

En este sentido la presente contribución tiene como objetivo proponer un conjunto de indicadores que permitan medir la innovación en pequeñas y medianas empresas de agricultura protegida que manejan invernaderos de tecnología intermedia para producción de hortalizas. El enfoque seleccionado para el análisis es el de competitividad sistémica. Éste se caracteriza por establecer una relación de distintos niveles de análisis mediante los cuales se plantea estudiar el sistema de innovación.

2. Marco conceptual

2. 1. El concepto de innovación

La innovación es un concepto sobre el que se habla, se escribe y se investiga mucho. Existen numerosas definiciones acerca del término innovación y numerosos aportes teóricos entorno a este fenómeno. Basta con realizar una búsqueda sobre los temas relacionados y se obtiene una lista enorme de los artículos relacionados al respecto. Sin embargo, no se plantean definiciones claras y concisas.

En este sentido se recurre a las más usadas para entenderla y poder analizarla en este trabajo. Schumpeter (1935) definió innovación en un sentido general y tuvo en cuenta diferentes modalidades de cambio para ser considerados como una innovación, lo cual se resume de la siguiente manera: i) la introducción en el mercado de un nuevo bien o una nueva clase de bienes; ii) el uso de una nueva fuente de materias primas; iii) incorporación de un método de producción no experimentado; iv) un nuevo enfoque comercial en un producto novedoso; v) apertura de un determinado mercado en un país o la implantación de una nueva estructura de comercio.

Para Freeman (1974) la innovación en un sentido económico consiste en la consolidación de un nuevo producto, proceso o sistema mejorado. El Manual de Oslo (OECD, 2005) considera que la innovación es el ingreso de un nuevo producto o de uno significativamente mejorado; puede ser un proceso reciente, un método novedoso de comercialización, o un moderno sistema organizativo, que se introduce en las prácticas internas de una empresa, la organización del lugar de trabajo o en las relaciones exteriores. Los impactos de la innovación se observan en los resultados de las empresas que van desde los efectos sobre las ventas y la cuota de mercado hasta la mejora de la productividad y la eficiencia.

Cotec (2006) señala que la innovación es todo cambio basado en el conocimiento y que además, genera valor. La razón primordial por la que las empresas innovan es un mayor éxito en el mercado, que les procure mejores resultados económicos. Esta idea coincide mucho con lo planteado por Muñoz *et al.* (2007a), en la cual la innovación es todo cambio basado en conocimiento que genera riqueza. En este sentido, se concibe a la innovación que se desarrolla en torno a la competencia en el mercado y se constituye como el principal factor para la competitividad (Porter, 1991).

En este trabajo se considera cómo todas las estrategia que adoptan las empresas con el objetivo de ser más competitivas; es decir, el aprovechamiento de las oportunidades que les garantizan mayor productividad, rentabilidad y crecimiento, en específico, maximizar las utilidades en los mercados específicos en que operan.

2. 2. De la evolución tecnológica a los sistemas de innovación

Según el enfoque neoevolucionista, Montero y Morris (1999) parten de la idea de que la evolución tecnológica no sólo depende de la iniciativa y los conocimientos de algunos ingenieros y empresarios con una mentalidad moderna, sino que obedece, además, a la existencia de un conjunto de

condiciones económicas, sociales e institucionales maduradas en el tiempo, y de la intervención directa o indirecta de otros actores en los procesos de innovación tecnológica. Ese conjunto de actores y procesos, interrelacionados entre sí son los que dan sustento a la existencia de un sistema de innovación, y mientras más diversos y complejos sean, mayores serán las oportunidades de desarrollo.

Freeman (1995) define el Sistema Nacional de Innovación (SNI) a partir de cuatro elementos básicos: i) la definición de subsistemas nacionales de investigación y desarrollo y de producción, ii) la ubicación de las relaciones entre ambos, iii) la definición de los roles del Estado, y iv) el considerar la historia de cada país en su configuración. Por otra parte, Nelson (1993) identifica el fuerte componente público-privado del cambio tecnológico y el rol que tanto las empresas privadas, el gobierno y las universidades tienen en su generación.

El enfoque de sistemas de innovación ha proporcionado información útil para una mejor comprensión de los procesos de innovación al ubicar que las empresas no innovan solas, sino que crean redes, y dependen de diversas organizaciones e instituciones públicas de apoyo. Por lo tanto, el aprendizaje es interactivo y acumulativo, es decir, se desarrollan trayectorias tecnológicas, siendo esto un factor crucial en los procesos de innovación.

De igual forma, las capacidades de innovación se mantienen a través de las comunidades locales que comparten una base común de conocimientos y un conjunto común de reglas y normas (Cooke, Uranga, y Etxebarria, 1997). Por lo tanto la innovación se produce en contextos institucionales, políticos y espaciales y es una construcción social. Los sistemas de innovación son redes de organizaciones de diferentes dinámicas (Hall, 2006) y funciones (Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann, y Smits, 2007) con elementos complejos que cambian constantemente con el tiempo, fuertemente influenciados por el patrón espacial de sus componentes (Hall y Clark, 2010).

El concepto de un sistema de innovación, con sus funciones distintivas, revela los factores institucionales que rigen la relación de los elementos y la producción de conocimiento en el sistema (Hall, 2006); además, se ha detectado que son fuertemente influenciados por organismos externos e internos (Assefa, Waters-Bayer, Fincham, y Mudahara, 2008). En el ámbito regional Carlsson y Stankiewicz (1991) definen a los sistemas de innovación como un conjunto agentes que interactúan en un territorio específico, aprovechando una infraestructura particular, para los propósitos de adaptar, generar y/o difundir innovaciones tecnológicas.

Dadas las complejas interacciones que se presentan en un sistema de innovación que son difíciles de entender, relacionar, medir y explicar, se utilizaron las dimensiones de análisis el enfoque de competitividad sistémica planteado por Esser *et al.* (1995) en el que se articulan los cuatro niveles: meta, macro, micro y meso, para analizar un sistema, en este caso, el sistema de innovación que coexiste en la agricultura protegida. La integración de los cuatro niveles analíticos proporciona un análisis más panorama completo e integral del comportamiento del sistema de innovación.

3. Materiales y métodos

Para el desarrollo de indicadores de innovación se consideró la región de Tulancingo, Hidalgo, constituida por Acaxochitlan, Acatlán, Huasca de Ocampo, Metepec y Tulancingo de Bravo, municipios que concentran la producción de jitomate en invernadero en el estado. La actividad en la zona se inició a finales de 1990 y ha experimentado desde entonces un rápido crecimiento, tanto en superficie como en número de agricultores. La información que sustenta el presente estudio fue el resultado de trabajo de campo realizado en 2013 y 2014.

Para el desarrollo de los indicadores se partió de la idea de analizar el sistema de innovación y a partir de las precisiones realizadas en torno a la unidad de análisis y la conceptualización de la innovación en las actividades

agropecuarias, se presentan las principales dimensiones utilizadas para la medición del proceso de innovación y su posible aplicación al sector agropecuario.

Una primera cuestión que es importante señalar es que en la propuesta de los indicadores de innovación se trató de captar la realidad desde el punto de vista del actor. Se inició realizando un análisis de las condiciones actuales de la actividad. Para la elección de los indicadores se buscó explicar la relación entre el sujeto que conoce y el sujeto-objeto que es conocido. La relación sujeto-objeto se resuelve bajo el cuestionamiento sobre cómo el sujeto construye al objeto, cómo lo piensa y lo reflexiona. Ésta es la lógica con que se constituye la base para la construcción de indicadores (Gutierrez, 2009).

De ahí que la investigación se integró de cuatro etapas:

1. Para ubicar el nivel micro e identificar las características de los agricultores, unidades de producción y de la región, el proceso de producción del cultivo de jitomate se aplicaron 59 encuestas semi-estructuradas de junio a noviembre de 2014. La selección de los agricultores se realizó por muestreo no probabilístico de selección experta la cual es una técnica utilizada para elegir unidades o porciones representativas o típicas del marco de muestreo según el criterio del experto, en función de determinadas características. El universo de muestreo se construyó con base en la revisión de informes técnicos y los testimonios dados por actores clave de la SAGARPA, extensionistas, y agricultores líderes en la región.

A los agricultores líderes se les definió a partir de criterios tales como:

- i. Su experiencia y permanencia en la actividad,
 - ii. Su incremento en superficie de producción en los últimos años,
 - iii. Por ser los más referenciados en la región,
 - iv. Por adicionar cambios tecnológicos de forma continua.
2. Se realizaron dos paneles de agricultores expertos en la

producción de jitomate en Metepec, Hgo., contando con una asistencia de siete agricultores líderes de los distintos municipios, que se definieron con base a los criterios antes mencionados. Con esto, se identificaron los principales mercados, formas de comercialización y los niveles tecnológicos.

3. Para integrar el nivel macro y meso se realizaron 20 entrevistas a actores clave. Pertenecientes a SAGARPA, extensionistas, autoridades municipales que se encuentran vinculados al sistema productivo regional y de innovación y a agricultores líderes. Éstas estuvieron enfocadas a determinar las cuestiones económicas, políticas y sociales que propiciaron el desarrollo de la actividad en la región, así como identificar los principales actores relacionados con la actividad.

4. Para identificar los componentes del nivel meta se hicieron recorridos en la región de estudio, en los meses de enero a abril de 2014. La finalidad fue identificar la ubicación de las unidades de producción, organizaciones, empresas proveedoras de insumos, constructores, etc. e infraestructura regional. Lo anterior con la finalidad de detectar las relaciones y actividades de innovación y emprendimiento existentes entre los actores/agentes claves de los sectores empresarial, académico y de servicios de la región, así como posibles problemáticas y/o oportunidades en el entorno regional.

4. Resultados y discusión

4. 1. Análisis del nivel micro

La agricultura protegida en México se caracteriza por una gran diversidad en cuanto al nivel tecnológico determinado principalmente por las condiciones climáticas, que a su vez determina distintos sistemas de producción. El sistema de producción que predomina en la región de Tulancingo, Hgo., es de tecnología intermedia-baja de acuerdo con la clasificación de (Costa y

Giacomelli (2005). Son invernaderos cenitales, con armazón de acero, sistema de carga de acero, ensamblados por placas y cubiertos por polietileno transparente tratados contra rayos ultra violeta con diferentes porcentajes de sombra y color, con enfriamiento pasivo por medio de ventilas manuales y con niveles básicos de calefacción.

Se produce directamente en suelo con riego por goteo con niveles básicos de automatización, uso de acolchados plásticos e infraestructura para almacenamiento de agua. Se establece la producción en ciclos largos, con una densidad de 4 plantas por m² y se obtienen rendimientos entre 20 y 25 kg/m². La unidades de producción son de pequeña propiedad y la principal fuente de agua es de pozos profundos.

En relación a las características de los agricultores y de las unidades de producción en el Cuadro 10, se presentan los estadísticos descriptivos (máximo, media y mínimo) para cada una de las variables.

Cuadro 10. Características de las pequeñas y medianas empresas analizadas.

Variables	n	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	59	24	63	42.12	9.58
Escolaridad (años)	59	1	17	9.22	3.86
Experiencia (años)	59	1	15	5.34	3.41
Rendimiento (kg/m ²)	59	10	44	21.32	6.55
Superficie de producción (m ²)	59	600	15000	3455.25	2586.65

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Respecto a la variable edad se encontraron agricultores desde los 24 hasta los 63 años y una media de 42.12; en escolaridad se tienen desde un año hasta 17 años de estudios (principalmente ingenieros agrónomos) y una media de 9.22

años de escolaridad. En experiencia destaca el mínimo (un año y un ciclo) hasta los 15 años que es, aproximadamente, el tiempo de introducción de esta tecnología en la región. En rendimiento se obtuvo como mínimo 10 y máximo 44 y una media de 21.31 kg m⁻². La superficie de producción resultó ser muy variable obteniéndose desde 600 hasta 15,000 m².

En este nivel se encuentra la capacidad empresarial para desarrollar procesos de mejora continua, gestión de la innovación, mejores prácticas en el ciclo completo de producción, logística empresarial, interacción de proveedores y productores (Esser *et al.*, 1995). En este sentido, los indicadores que se plantean son el índice de adopción de innovaciones y dos indicadores de rentabilidad (costo de producción y la relación beneficio/costo).

Para el índice de adopción de innovaciones se plantea adaptar la metodología descrita por Muñoz *et al.* (2007a). Esta permite identificar claramente la dinámica de las innovaciones que se desarrolla dentro de las empresas agropecuarias, en las cuatro categorías básicas de acuerdo al manual de Oslo (OECD, 2005): proceso, producto, mercado y organización. A partir de esto se pueden diseñar estrategias de gestión.

En relación a la rentabilidad de la actividad es indispensables debido a que el desarrollo de innovaciones depende, en gran medida, del comportamiento de las empresas en el mercado. Permiten realizar comparaciones con otras similares y contra el precio de mercado. Al respecto, han surgido diferentes metodologías para determinar de manera correcta el costo de los productos, mismas que son de fácil aplicabilidad en el sector agrícola.

4. 2. Análisis del nivel meso

En el caso específico de la región de estudio durante las fases de desarrollo de los invernaderos en México, la actividad predominante era la producción de maíz de temporal. Es posible, que el cambio tecnológico fuera impulsado por la crisis maicera que se dio entre 1990 y 2000, como parte de la búsqueda de permanencia y competitividad. El desarrollo de la agricultura protegida se

encuentra estrechamente ligada a la acumulación de distintos cambios tecnológicos: pozos profundos, mecanización, canales y sistemas de riego, que se dieron en la región y a las políticas agrícolas a través de distintos programas de apoyo. En este sentido, fue hasta 1998 cuando se apoyaron los primeros invernaderos en el estado de Hidalgo, impulsados por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), Instituto Nacional Indigenista, Secretaría de Desarrollo Social, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) y Secretaria de la Reforma Agraria. Posteriormente se han integrado más instituciones públicas e incluso han surgido otras.

De esta forma, se construyeron los dos primeros invernaderos en el año de 1998. Esta actividad permaneció sin aparentes cambios importantes hasta el 2000, periodo en el que las políticas de fomento federales y estatales dan un giro, y a través de su programa Alianza para el Campo en el subprograma Fomento a la Inversión y Capitalización se incluye el componente Equipamiento para la aplicación de tecnología intensiva, la construcción y rehabilitación de invernaderos, situación que provocó un crecimiento importante de la superficie de invernaderos.

El crecimiento más importante se dio en 2007 cuando se presenta la mayor importancia de la actividad en el ámbito nacional. Se impulsó a la agricultura protegida como uno de los ejes de economía competitiva y generadora de empleos para el sector rural (Plan Nacional de Desarrollo, 2007-2012). El crecimiento en superficie continuó hasta el 2010 con lo que se llegó a tener, incluso, superficies de cultivo de más de una hectárea por productor.

La presencia de asesoría técnica es un elemento clave para el desarrollo de la actividad y en la difusión de innovaciones; esto debido a que en la agricultura protegida se requieren productores con capacidades y habilidades distintas a las presentadas por los productores que trabajan de manera tradicional. En este caso, sólo el 76 % cuenta con ella y se da, principalmente, de proveedores de insumos (Vargas, Palacios, Camacho, Aguilar, y Ocampo, 2015). En la actualidad el crecimiento en superficie se presenta por agricultores nuevos,

muchos de ellos con desconocimiento de la dinámica técnica y tecnológica de la actividad. No obstante, de que éstos obtienen beneficios inferiores a los registrados por agricultores con mayor dominio de la actividad.

En el caso de los agricultores innovadores es importante mencionar que el desarrollo de la actividad no hubiese sido posible sin la formación de redes de colaboración entre la empresa, las universidades y las instancias de gobierno, que se han desarrollado a través del tiempo, de forma directa e indirecta, ligadas principalmente a extensionistas.

En ese sentido el nivel meso está integrado por las políticas específicas para la creación de ventajas competitivas, por el entorno y por las instituciones regionales (Esser *et al.*, 1995), enfocadas desarrollar la infraestructura física (puertos, redes ferroviarias y de carreteras, telecomunicaciones, sistemas de abastecimiento y eliminación de residuos); y estructuras intangibles como los sistemas educativos (García, 2008). En los sistemas regionales de innovación, los proveedores de conocimiento, formación de organizaciones, instituciones financieras y asociaciones industriales e instituciones son los elementos básicos (Tödtling y Kaufmann, 1999), y según el Banco Mundial (World Bank, 2006) dos elementos esenciales de los sistemas de innovación son los patrones característico de interacción y el desarrollo de entornos favorables.

En el estudio de este nivel se plantea como parte indispensable el análisis de la infraestructura tecnológica física y financiera y las relaciones entre los agentes de sistema mediante las redes de innovación y conocimiento.

La infraestructura tecnológica suele ser en su mayoría de carácter público y mixto y se trata de la infraestructura y servicios básicos como son: transportes y comunicaciones, destinados a la generación, difusión y transferencia de tecnología y a la presencia de instituciones financieras (Caravaca, González., y Mendoza, 2007; Méndez, Michelini, y Romeiro, 2006). Para la medición de la infraestructura tecnológica se propone que el indicador adecuado se base en la medición de cada área que se considere tenga impacto en el entorno de desarrollo (I+D) de las empresas, y por último, los resultados de la medición se

deben comparar con la media nacional o regional (depende del referente territorial del que se trate) para cada área; y en función de la diferencia se determinará si se encuentra en un nivel bajo, medio o alto.

En lo referente a las redes de innovación y conocimiento, en años recientes éstas se han estudiado como un elemento importante en los patrones de difusión y adopción de innovaciones utilizando métodos de análisis de redes sociales (Gonzalez, Barkmann, y Marggraf, 2010; Nyblom, Borgatti, Roslakka, y Salo, 2003; Valente, 1996; Wu y Pretty, 2004). Una red social se compone de nodos y lazos. Para este caso, los nodos representarían actores y los lazos sus relaciones (Díaz-José, Rendón-Medel, Aguilar-Ávila, y Muñoz-Rodríguez, 2013).

En ese sentido, se propone analizar las redes de innovación y aprendizaje, técnicas, sociales, comerciales e institucionales; y para el análisis de los relacionamientos sociales de los agricultores de jitomate en invernadero se adoptará la metodología propuesta por Rovere (1999) quien plantea cinco niveles: reconocimiento, conocimiento, colaboración, cooperación y asociación. Esto permite un análisis de mayor profundidad acerca de las relaciones existentes entre los actores, y genera mayor claridad sobre las estrategias de intervención.

4. 3. Análisis del nivel macro

En México, los primeros invernaderos fueron instalados en la región oriente del Estado de México, por emigrantes alemanes y japoneses. Destacaron los construidos por la casa Matsumoto y la familia Barto. Sus construcciones eran de concreto, herrería y cristal. A finales de los 70 la Comisión para el Desarrollo de las Zonas Marginadas promovió su uso y construcción en distintas partes del país. Los primeros invernaderos tenían estructuras de madera y cubiertas de películas de plástico. También, se iniciaron proyectos empresariales en el Estado de México como Rosemex, Summa, Flora y otros, los cuales adoptaron otras tecnologías basadas en la fibra de vidrio y estructuras metálicas.

Para la década de los 80 se presentó un auge en el desarrollo de los invernaderos destinados a la floricultura, viverismo y producción de plántulas de hortalizas, con la formación de varias empresas, dentro de las que destacó la región de Villa Guerrero. Para los 90 ya existía todo tipo de invernaderos en el país, y se adoptaban diversas innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, invernaderos con estructuras de materiales más ligeros con cubiertas de plástico en sustitución del vidrio, sistemas sencillos de control climático-automatizado y equipos de riego automatizado con fertirrigación.

La expansión de agricultura protegida hacia los estados del norte del país (Sinaloa, Sonora y Baja California), el Bajío y algunos otros estados del sur, se dio durante la etapa de crisis económica generada por la devaluación ocurrida en México en 1995. En años recientes destacan los estados productores del centro del país, como el Estado de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo. Sin embargo, se observa que en estas entidades las actividades se realizan de manera diferenciada. La producción predominante es de jitomate en invernaderos de tecnología intermedia-baja, con unidades de producción de dimensiones pequeñas, muy heterogéneas en sus características y en sus procesos de producción, siendo la mayoría de éstas altamente vulnerables a las condiciones climáticas de la región.

En este nivel se tiene el entorno institucional en que operan las empresas y como influyen en sus procesos productivos y la comercialización de sus productos. Para Suchiradipta y Saravanan (2014) el entorno propicio para la innovación depende en gran medida por las políticas y estructuras de apoyo político y administrativo en el estado. Sin embargo, en el sector agrícola este tipo de información no siempre se tiene documentada. Por lo que se recurrió a excluir estos indicadores e incorporar otros que nos proporcionen información del comportamiento de la actividad. Se consideró que el uso de el análisis shift-share clásico era factible dado que permite el análisis de cambio y participación de las distintas actividades en las distintas regiones del país, para el caso la agricultura protegida. Éste permite analizar la evolución de la actividad como un

indicador del correcto funcionamiento del entorno institucional y de las políticas públicas existentes.

El análisis shift-share fue desarrollado por Dunn (1960) como método de determinación de los componentes que explican las variaciones de las magnitudes económicas. Este análisis considera la evolución de una magnitud económica entre dos instantes de tiempo e identifican tres componentes: un efecto nacional, un efecto sectorial y un efecto competitivo. Esto aborda la dependencia de la evolución de las regiones respecto del patrón nacional (Mayor, López, y Pérez, 2005).

De igual manera, permite analizar la inercia que supone el crecimiento nacional, el efecto regional (la influencia positiva o negativa sobre el crecimiento de la especialización de la actividad productiva con respecto a la media), y el efecto competitivo de la actividad en una región en comparación con el dinamismo de ese mismo sector a nivel nacional, y recoge todo aquello que no ha sido incluido en los dos efectos anteriores, por lo que fue considerado como un buen indicador del efecto de las políticas.

4. 4. Análisis del nivel meta

En la región de estudio se han presentado varios intentos por desarrollar asociaciones con el objetivo de comercializar sus productos, sin embargo, no se han logrado experiencias exitosas. Además, se han instalado en la región una gran diversidad de empresas: 12 dedicadas al diseño, fabricación y construcción de invernaderos, más de 15 empresas proveedoras de insumos (fertilizantes y agroquímicos). Algunas de las cuales tienen áreas dedicadas al extensionismo ubicadas principalmente en Acatlán y Tulancingo de Bravo.

Es importante señalar que la actividad en la región lleva aproximadamente 16 años y a través del tiempo se han acumulado conocimientos y experiencias por un importante número de agricultores, trabajadores y extensionistas. La presencia de instituciones de educación superior es limitada, las dos instituciones que desarrollan investigación y transferencia de tecnología

agrícola son la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el Estado de México a más de 100 km, y la Universidad Politécnica Francisco I. Madero, ubicada en Tepatepec estado de Hidalgo, también, a 100 km aproximadamente.

Los principales mercados de comercialización son: i) la Central de Abasto de Tulancingo de Bravo, Hgo. ubicada a no más de 20 kilómetros de las unidades de producción analizadas, ii) la Central de Abasto de Pachuca, Hgo. ubicada a una distancia de 50 kilómetros de la región de estudio y iii) la Central de Abastos de Iztapalapa en el Distrito Federal ubicada a 134 kilómetros de la región, siendo ésta uno de los puntos de venta de México más importante por el volumen de jitomate que ahí se comercializa.

El cambio tecnológico en la región es principalmente exógeno y la capacidad para incorporarlo está poco desarrollada. Los procesos de innovación son informales y episódicos, predominan las innovaciones incrementales y son escasas las actividades de I+D. En consecuencia, es necesario adoptar esquemas de cooperación (Empresa-Universidad-Gobierno) que faciliten la transferencia tecnológica y la posibilidad de realizar innovaciones que permitan ser competitivos en el largo plazo.

Esser *et al.* (1995) plantea que los determinantes en este nivel son aquellos que hacen a la capacidad que tiene una sociedad en la búsqueda de objetivos establecidos conjuntamente. Está determinado por factores socioculturales, por los patrones básicos de organización política económica y jurídica regionales y locales, por la capacidad estratégica y política de los actores sociales y la cohesión social (Salim y Carbajal, 2006). En ese sentido, para el desarrollo de los sistemas de innovación se han identificado como elementos básicos el liderazgo y la gestión, la alineación estratégica, proceso de innovación, la organización y las personas y la cultura corporativa (Meyer, 1998).

En términos generales, la cohesión social es la que mejor se corresponde a este nivel de análisis, por lo que se plantea la construcción de un índice de cohesión del sistema productivo. Lo anterior, concuerda con lo planteado por Lombana y Rozas (2009) en donde “la cohesión social se refleja en las

acciones que emprenden varias empresas para cooperar y competir en un espacio geográfico; esta cohesión al interior de la región puede generar clusters”. En tal sentido, se propone adaptar como metodología lo propuesto por Chan *et al.* (2006), Fagerberg y Srholec (2008), Tironi y Pérez (2008); que considera la cohesión dentro de la sociedad civil, entre el ciudadano y el Estado, así como el estado de ánimo de la población y las manifestaciones conductuales de la población, para integrar un índice de cohesión del sistema productivo.

4. 5. Indicadores de innovación a partir de dos enfoques: Sistema de innovación y competitividad sistémica

Para las características antes definidas y dada la dinámica económica actual y la complejidad de los procesos de innovación que la impulsan se plantean los siguientes indicadores y las variables a considerar articulando los niveles el nivel meta, macro, meso y micro (Cuadro 11) que permitirán analizar el sistema de innovación existente en agricultura protegida.

Cuadro 11. Sistema de indicadores para evaluar innovación en agricultura protegida.

Niveles del sistema	Indicador	Unidad de análisis	Variables
Meta	Índice de cohesión del sistema productivo	Individuos, empresas y organizaciones	Confianza general con conciudadanos Voluntad de cooperar y ayudar Sentido de pertenencia o identidad Confianza en figuras públicas Confianza en las principales instituciones Participación social Voluntariado y donaciones Presencia o ausencia de alianzas entre grupos Participación política Valores compartidos
Macro	Análisis shift-share clásico (Valor de la producción)	Políticas que estimulan la competitividad	Efecto nacional Efecto sectorial o efecto estructural Efecto regional o efecto competitivo

Meso	Redes de conocimiento e innovación	Flujos y articulaciones de las redes del sistema	Actores, funciones y relaciones Estabilidad, intensidad, flujocidad e información que fluye
	Infraestructura tecnológica	Infraestructura de uso común	Densidades de la infraestructura de apoyo a la actividad
Micro	Índice de adopción de innovaciones	Empresas	Nuevos productos Nuevos procesos Nuevas formas de organización Nuevos mercados o formas de comercialización
	Rentabilidad de la actividad		Costos de producción Relación beneficio/costo

Fuente: Elaboración propia, 2014.

5. Conclusiones

La utilización del enfoque de sistema de innovación mediante los niveles planteados por el análisis de competitividad sistémica permite profundizar en los análisis relacionados a la medición de la innovación en los sistemas de innovación agrícola, ya que permite delimitar claramente las partes de las que está compuesto y proporciona mayor claridad sobre su dinámica.

Los indicadores propuestos pueden contribuir a explicar de mejor manera los sistemas de innovación para este escenario en particular, sin embargo, se requieren progresos importantes en las técnicas de análisis y medición e instrumentos de colecta de información que retomen la perspectiva del actor.

Es necesario señalar que el proceso de selección de indicadores es una tarea influida por múltiples factores. Por una parte, la facilidad para coleccionar la información y las metas establecidas; y por la otra, los problemas y los retos que éstos plantean. Aun cuando todos los indicadores resultan relevantes, algunos revisten una importancia mayor, por lo que se consideró a los que permiten observar la situación específica y que pudieran ser manejables con alguna estrategia de intervención.

La formulación de este tipo de indicadores que se proponen para el sector rural deberá ubicarse a partir de las condiciones concretas que presenta el sistema productivo para el cual se desarrollaron. Los indicadores adecuados para medir la innovación en agricultura protegida mediante el enfoque de sistemas de

innovación considerando las cuatro dimensiones de análisis de competitividad sistémica son: en el nivel meta un índice de cohesión del sistema productivo; para el nivel macro integrar el análisis Shift-Share. Para el nivel meso, considerar la densidad de infraestructura tecnológica y las redes de conocimiento e innovación. En el nivel micro, un índice de adopción de innovaciones e indicadores de rentabilidad para la actividad.

Literatura citada

- Aguilar, Á. J., Aguilar, G. N., Muñoz, R. M., & Santoyo, C. V. H. (2013). *Políticas públicas para el fomento de clústers de horticultura protegida con pequeños productores: Lecciones aprendidas. Reporte de Investigación 93*. México: CIESTAAM/UACH.
- Assefa, A., Waters-Bayer, A., Fincham, R., & Mudahara, M. (2008). Comparison of Frameworks for Studying Grassroots Innovation: Agricultural Innovation Systems (AIS) and Agricultural Knowledge and Information Systems (AKIS). *Innovation Africa: Enriching Farmers Livelihoods*, 35–56.
- Bastida, T. A. (2008). *Los Invernaderos en México*. (Universidad Autónoma Chapingo, Ed.). Chapingo, México., México.: Universidad Autónoma Chapingo.
- Capdevielle, M. (2005). Globalización, especialización y heterogeneidad estructural en México. In M. Cimoli (Ed.), *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina* (pp. 101–126). Santiago de Chile. Retrieved from [internal-pdf://lcw35e-3602887506/LCW35e.pdf%5Cnhttp://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e.pdf](http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e.pdf)
- Caravaca, I., González, G., & Mendoza, A. (2007). Indicadores de dinamismo, innovación y desarrollo: su aplicación en ciudades pequeñas y medias de Andalucía. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 43, 131–154.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), 93–118. <http://doi.org/10.1007/BF01224915>
- Castañeda-Miranda, R., Ventura-Ramos, E., Peniche-Vera, R. del R., & Herrera-Ruiz, G. (2007). Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*, 41(3), 317–335.
- Chan, J., To, H.-P., & Chan, E. (2006). Reconsidering Social Cohesion: Developing a Definition and Analytical Framework for Empirical Research. *Social Indicators Research*, 75(2), 273–302. <http://doi.org/10.1007/s11205-005-2118-1>
- Cimoli, M. (2005). *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y*

- crecimiento en América Latina*. (CEPAL, Ed.). Santiago de Chile.
- Cooke, P., Uranga, M. G., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organizational dimensions. *Research Policy*, 26, 475–491. [http://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00025-5](http://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00025-5)
- Costa, P., & Giacomelli, G. (2005). Los planes del éxito. Agricultura protegida: productividad basada en el nivel tecnológico. *Productores de Hortalizas Para Centroamérica (USA)*, 7(1), 42–44.
- Cotec. (2006). *La Persona Protagonista de la Innovación*. Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica. Madrid.
- Díaz-José, J., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., & Muñoz-Rodríguez, M. (2013). Análisis dinámico de redes en la difusión de innovaciones agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(7), 1095–1102.
- Djellal, F., & Gallouj, F. (1999). Services and the search for relevant innovation indicators: a review of national and international surveys. *Science and Public Policy*, 26(4), 218–232. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0028966>
- Dunn, E. (1960). A statistical and analytical technique for regional analysis. *Papers in Regional Science*, 6(1), 97–112.
- Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., & Meyer-Stamer, J. (1995). Competitividad sistémica. *Textos de Economía*, 6, 171–203.
- Fagerberg, J., & Srholec, M. (2008). National innovation systems, capabilities and economic development. *Research Policy*, 37(9), 1417–1435. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2008.06.003>
- Freeman, C. (1974). *La teoría económica de la innovación industrial*. (Alianza Universidad, Ed.). México, D. F.
- Freeman, C. (1995). The “National System of Innovation” in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5–24.
- García, H. M. (2008). Los determinantes de la Competitividad. *Temas de Ciencia Y Tecnología*, 12, 12–24.
- García, V. N., Van der Valk, O., & Elings, A. (2011). *Mexican protected horticulture Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed*. Rapport GTB-1126. The Hague. Netherlands.
- Gonzalez, G. V., Barkmann, J., & Marggraf, R. (2010). Social network effects on the adoption of agroforestry species: Preliminary results of a study on differences on adoption patterns in Southern Ecuador. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 4, 71–82. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.07.484>
- Gutierrez, D. (2009). La construcción de indicadores como problema epistemológico. *Cienta Moebio*, (34), 16–36. <http://doi.org/10.4067/S0717-554X2009000100002>
- Hall, A. (2006). Public–private sector partnerships in an agricultural system of innovation: Concepts and challenges. *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, 5(1), 3–20. <http://doi.org/10.1386/ijtm.5.1.3/1>
- Hall, A., & Clark, N. (2010). What Do Complex Adaptive Systems Look Like and What Are the Implications for Innovation Policy? *Journal of International Development*, 22(1), 308–324. <http://doi.org/10.1002/jid.1690>
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M.

- (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Herrera, T. F. (2006). Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana . Una aproximación teórica Technological Innovation in Mexican Agricultural Enterprises . A Theoretical Approximation. *Revista Gaceta Laboral*, 12(1), 91–117.
- Holbrook, J. A., & Hughes, L. P. (2001). Comments on the use of the organisation for economic cooperation and development's Oslo Manual in non-manufacturing based economies. *Science and Public Policy*, 28(2), 139–144. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034914905&partnerID=40&md5=0f88e001e60ebb05eda28cadda022dbe>
- Lombana, J., & Rozas, G. S. (2009). Marco analítico de la competitividad: Fundamentos para el estudio de la competitividad regional. *Pensamiento Y Gestión*, 26, 1–38. Retrieved from <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/viewFile/854/499>
- Mayor, F. M., López, M. A. J., & Pérez, S. R. (2005). Escenarios de empleo regional. Una propuesta basada en análisis shift-share. *Estudios de Economía Aplicada*, 23(3), 723–724.
- Méndez, R., Michelini, J. J., & Romeiro, P. (2006). Redes socio-instucionales e innovación para el desarrollo de las ciudades intermedias. *Ciudad Y Territorio*, 38(148), 377–396.
- Meyer, C. (1998). *Relentless Growth: How Silicon Valley Innovation Strategies Can Work for Your Business*. London.
- Montero, C., & Morris, P. (1999). *Territorio, competitividad sistémica y desarrollo endógeno. Metodología para el estudio de los sistemas regionales de innovación. Instituciones y actores del desarrollo territorial en el marco de la globalización, CIDER/ILPES*. (Ediciones Universidad del Bío-Bío, Ed.).
- Moreno, R. A., Aguilar, D. J., & Luévano, G. A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15(29), 763–774.
- Muñoz, R. M., Aguilar, Á. J., Rendón, M. R., & Altamirano, C. J. R. (2007). *Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias*. (Uac.-C. / PIIAI, Ed.). Chapingo, México.
- Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press.
- Nyblom, J., Borgatti, S., Roslakka, J., & Salo, M. A. (2003). Statistical analysis of network data - An application to diffusion of innovation. *Social Networks*, 25(2), 175–195. [http://doi.org/10.1016/S0378-8733\(02\)00050-3](http://doi.org/10.1016/S0378-8733(02)00050-3)
- OECD. (1994). *The Measurement of Scientific and Technical Activities. Using Patent Data as Science and Technology Indicators. Patent Manual*. Paris.
- OECD. (2005). *Manual de Oslo, La Medida de las Actividades Científicas y Tecnológicas, Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. OECD (3rd ed., Vol. 30). <http://doi.org/10.1787/9789264065659-es>

- Olaya, D., & Peirano, F. (2007). El camino recorrido por América Latina en el desarrollo de indicadores para la medición de la sociedad de la información y la innovación tecnológica. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología Y Sociedad*, 3(9), 153–185.
- Porter, M. E. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Buenos Aires, Argentina.
- Rovere, R. M. (1999). *Redes en salud: un nuevo paradigma para el abordaje de las organizaciones y la comunidad*. Argentina: Secretaria de Salud Pública/AMR, Instituto Lazarte.
- Salazar, M., Holbrook, M. B., & Holbrook, A. (2004). A debate on innovation surveys. *Science and Public Policy*, 31(4), 254–266. <http://doi.org/10.3152/147154304781779976>
- Salim, L., & Carbajal, R. (2006). Competitividad: marco conceptual y análisis sectorial para la provincia de Buenos Aires. *Cuaderno de Economía*, 74.
- Schumpeter, J. (1935). Analysis of economic change. In M. I. of T. Press (Ed.), *The Review of Economics and Statistics* (pp. 2–10).
- SIAP. (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Boletín semanal del SIAP de la SAGARPA. 2.
- Suchiradipta, B., & Saravanan, R. (2014). Agricultural Innovation Systems (AIS): A Study of Stakeholders and their Relations in System of Rice Intensification (SRI). *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 25(Journal Article), 1–26. <http://doi.org/10.1080/1389224X.2014.939200>
- Tironi, E., & Pérez, S. B. (2008). La cohesión social latinoamericana. A modo de conclusión. In E. Tironi & C. Cox (Eds.), *Redes, Estado Y Mercados: Soportes de La Cohesión Social Latinoamericana*. (pp. 377–407). Santiago de Chile.
- Tödting, F., & Kaufmann, A. (1999). Innovation systems in regions of Europe—a comparative perspective. *European Planning Studies*, 7(6), 699–717. <http://doi.org/10.1080/09654319908720549>
- Valente, T. W. (1996). Social Network thresholds in the diffusion of innovations. *Social Network*, 18(95), 69–89.
- Vargas, C. J. M., Palacios, R. M. I., Camacho, V. J. H., Aguilar, Á. J., & Ocampo, L. J. G. (2015). Innovation factors in protected agriculture in the region of Tulancingo, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 827–840.
- World Bank. (2006). *Enhancing Agricultural Innovation: How to Go Beyond Strengthening of Research Systems*. Washington, DC.
- Wu, B., & Pretty, J. (2004). Social connectedness in marginal rural China: The case of farmer innovation circles in Zhidan, north Shaanxi. *Agriculture and Human Values*, 21(1), 81–92. <http://doi.org/10.1023/B:AHUM.0000014025.47576.72>