

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

Juan Manuel Vargas Canales¹

María Isabel Palacios Rangel²

Jorge Aguilar Ávila³

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un conjunto de indicadores para medir los procesos de innovación en empresas de agricultura protegida. La investigación parte de la conceptualización de la 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 distribuye a

¹ Maestro en Ciencias en Horticultura, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo. Correo electrónico: jmvargas@ciestaam.edu.mx

² Doctora en Ciencias del Desarrollo Rural, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo. Correo electrónico: botsy01@yahoo.com

³ Doctor en Problemas Económico Agroindustriales, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo. Correo electrónico: jaguilar@ciestaam.edu.mx

mercados regionales a través de intermediarios. La propuesta indica 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 innovación e indicadores de rentabilidad para la actividad.

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

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 (Cimoli, 2005; Capdevielle, 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 bajo agricultura protegida (en sus diferentes modalidades), que permite controlar de manera importante las condiciones ambientales.

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 (Castañeda *et al.*, 2007; Bastida, 2008; Moreno *et al.*, 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 herramienta tecnológica 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 *et al.*, 2011).

En la actualidad el 39% de los invernaderos se encuentren inactivos o abandonados, el 19 % estancados o decreciendo (Aguilar *et al.*, 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 usos 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 & Hughes, 2001; Salazar 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 (OCDE, 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 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.

MARCO CONCEPTUAL

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 (OCDE, 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.*, (2007), 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 las empresas adoptan estrategias 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.

De la evolución tecnológica a los sistemas de innovación

Según el enfoque neoevolucionista, Motero 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 maduras 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 y Gómez, 1998). 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 *et al.*, 2006) y funciones (Hekkert *et al.*, 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 *et al.*, 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.

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 productores. 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 (Gutiérrez, 2009).

De ahí que la investigación se integró de cuatro etapas:

1. Para ubicar el nivel micro e identificar las características de los productores, 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 productores 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 productores líderes en la región.

A los productores 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 productores expertos en la producción de jitomate en Metepec, Hgo., contando con una asistencia de siete productores líderes, 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 productores 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 complementadoras (proveedores 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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. 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 m^2 y se obtienen rendimientos entre 20 y 25 kg/m^2 . 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 productores y de las unidades de producción en el Cuadro 1, se presentan los estadísticos descriptivos (máximo, media y mínimo) para cada una de las variables.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de las variables analizadas

VARIABLES	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Edad	59	24	63	42.12	9.58	91.76
Escolaridad	59	1	17	9.22	3.86	14.93
Experiencia	59	1	15	5.34	3.41	11.64
Rendimiento	59	10	44	21.32	6.55	42.88
Escala de producción	59	600	15000	3455.25	2586.65	6690766.74

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Respecto a la variable edad se encontraron productores 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 escala 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 innovación y dos indicadores de rentabilidad (costo de producción y la relación beneficio/costo).

Para el índice de innovación se plantea adaptar la metodología descrita por Muñoz *et al.*, (2007). 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 (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.

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. A la par, se desarrollaron importantes avances en la construcción de pozos profundos acompañados de apoyos para la construcción de canales; más adelante se conformaron sistemas de riego y se introdujo la mecanización agrícola.

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 2002, 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 la innovación; 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 *et al.*, 2015). En la actualidad el crecimiento en superficie se presenta por productores 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 productores con mayor dominio de la actividad.

En el caso de los productores 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.

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, 1998), y según el Banco Mundial (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 analizó como parte indispensable 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 (Méndez *et al.*, 2006; Caravaca *et al.*, 2007). 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 (Valente, 1996; Nyblom *et al.*, 2003; Wu y Pretty, 2004; Gamboa *et al.*, 2010). Una red social se compone de nodos y lazos. Para este estudio, los nodos representan actores y los lazos representan relaciones (Díaz *et al.*, 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 productores 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.

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.

Destacan en años recientes estados productores en el 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 & Raj (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 la agricultura protegida en las distintas regiones del país. 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 (Fernández *et al.*, 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.

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 productores, 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 Gutiérrez (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 Bannen (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.

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 2) que permitirán analizar el sistema de innovación existente en agricultura protegida.

Cuadro 2. 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 innovación	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.

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 innovación e indicadores de rentabilidad para la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar G. N., M. Muñoz R., V. H. Santoyo C. y J. Aguilar Á, (2013), *Políticas públicas para el fomento de clústers de horticultura protegida con pequeños productores: Lecciones aprendidas.*

Reporte de Investigación núm. 93. UACH- CUESTAAM, México. 38 p.

Assefa, A., A. Waters-Bayer, R. Fincham, and M. Mudahara, (2008), *‘Comparison of Frameworks for Studying Grassroots Innovation: Agricultural Innovation Systems (AIS) and Agricultural Knowledge and Information Systems (AKIS)’*. http://www.cgiar-ilac.org/files/Assefa_Comparison.pdf.

Bastida, A, (2008), *Los Invernaderos en México.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 123 pp.

Capdevielle, M, (2005), *‘Globalización, especialización y heterogeneidad estructural en México’*, en Cimoli, M (Editor) Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina. http://iis7-e2.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e_cap4.pdf

Castañeda, M., Rodrigo, V., Ramos, E., Peniche, V. y Rebeca del R, (2007), *‘Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México’*, *Agrociencia*, 3: 317-335.

Caravaca, I., G. González., y A. Mendoza, (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.

Chan, J., P. To, H., & E. Chan. (2006), *‘Reconsidering social cohesion: Developing a definition and analytical framework for empirical research’*, *Social indicators research*, 75(2): 273-302.

Cimoli, M 2005, Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina. CEPAL. http://iis7-e2.cepal.org/publicaciones/xml/0/27320/LCW35e_cap4.pdf

- Cooke, P., y M. Gómez U,** (1998), *Dimensiones de un sistema de innovación regional: organizaciones e instituciones*, *Ekonomiaz*, 41: 47-67.
- Cotec,** (2006), *La persona protagonista de la innovación. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica y Club Asturiano de la Innovación.* Madrid, España.
- Díaz J. J., R. Rendón M., J. Aguilar Á., y M. Muñoz R** (2013), *Análisis dinámico de redes en la difusión de innovaciones agrícolas*, *REMEXCA*, 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.
- Dunn E. S,** (1960), *A statistical and analytical technique for regional analysis*, *Papers in Regional Science*, 6(1): 97-112.
- Esser, K., W. Hillebrand., D. Messner., y J. Meyer-Stamer,** (1995), *Competitividad sistémica*, *Textos de Economía*, 6(1): 171-203.
- Fagerberg, J., & M. Srholec,** (2008), *National innovation systems, capabilities and economic development*, *Research policy*, 37(9):1417-1435.
- Fernández M M, A J López M, R Pérez S,** 2005, *Escenarios de empleo regional. Una propuesta basada en análisis shift-share*, *Estudios de economía aplicada*, 23(3): 863-887.
- Freeman, C.** (1995), *The 'National System of Innovation'in historical perspective*, *Cambridge Journal of economics*, 19(1): 5-24.
- Freeman, C.** (1974), *La teoría económica de la innovación industrial.* México: Alianza Universidad.
- Gamboa V. G., J. Barkmann., and R. Marggraf,** (2010), *Social network effects on the adoption of agroforestry species: preliminary results of a study on differences on adoption patterns in Southern Ecuador*, *Procedía - Social and Behavioral Sciences*, 4:71-82.
- García H. M,** (2008), *Los determinantes de la Competitividad nacional. Análisis y reflexiones a partir de un marco teórico conceptual*, *Temas de Ciencia y Tecnología*, 12(36): 12-24.

García V. N., O. van der V., y A. Elings, (2011), *Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed Wageningen UR Greenhouse Horticulture*. Landbouw Economisch Instituut. The Hague. Ministre of Economic Affairs. Rapport GTB 1. 126. <http://edepot.wur.nl/196070>

Gutiérrez, D, (2009), *‘La construcción de indicadores como problema epistemológico’*, Cinta de moebio, (34): 16-36.

Hall, A, (2006), *Public Private Sector Partnerships in an Agricultural System of Innovation: Concepts and Challenges. Working Paper Series 2006-002*. United Nations University - Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology (UNU-MERIT). Maastricht, Netherlands.

Hall, A., and N. Clark, (2010), *‘What Do Complex Adaptive Systems Look Like and What Are the Implications for Innovation Policy?’*, Journal of International Development, 22: 308–324. doi:10.1002/jid.1690.

Hekkert, M. P., R. A. A. Suurs, S. O. Negro, S. Kuhlmann, and R. E. H. M. Smits, (2007), *‘Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analysing Technological Change’*, Technological Forecasting and Social Change, 74: 413–432. doi:10.1016/j.techfore.2006.03.002.

Herrera T. F, (2006), *‘Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana. Una aproximación teórica’*, Gaceta laboral, 12(1).

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.

Lombana, J., & R. Gutiérrez S, (2009), *‘Marco analítico de la competitividad-Fundamentos para el estudio de la competitividad regional’*, Pensamiento y gestión, (26): 1-38.

Meyer, C, (1998), *Relentless Growth: How Silicon Valley Innovation Strategies Can Work for Your Business*. London: Free Press.

Méndez, R., J. Michelini J., & P. Romeiro, (2006), *Redes socio-institucionales e innovación para el desarrollo de las ciudades intermedias*, Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, 38(148): 377.

Montero, C., y P. Morris, (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.

Moreno R. A., J. Aguilar D. y A. Luevano, G, (2011). *Características de la agricultura protegida y su entorno en México*, Revista Mexicana de Agronegocios, 15(29): 763-774.

Muñoz R. M., J. Aguilar A., R. Rendón M. y J. R. Altamirano C, (2007), *Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias.* CIESTAAM-UACH. México.

Nelson R. R, (1993), *National innovation systems: a comparative analysis.* University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship.

Nyblom, J., S. Borgatti., J. Roslakka., and A. Salo M, (2003), *Statistical analysis of network data--an application to diffusion of innovation*, Social Networks, 25:175-195.

OCDE, European Commission, y Eurostat, (2005), *Manual de Oslo, La Medida de las Actividades Científicas y Tecnológicas, Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación.* Tercera edición, OCDE, Madrid.

OCDE, (1994), *The Measurement of Scientific and Technical Activities. Using Patent Data as Science and Technology Indicators.* Patent Manual. París.

Olaya, D., y 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: Vergara.

- Rovere R. M.**, (1999), *Redes en salud: un nuevo paradigma para el abordaje de las organizaciones y la comunidad*. Argentina: Secretaría de Salud Pública/AMR, Instituto Lazarte.
- Salazar, M., & Holbrook, A.**, (2004), 'A debate on innovation surveys', *Science and Public Policy*, 31(4), 254-266.
- Salim, L. y R. Carbajal**, (2006), 'Competitividad: marco conceptual y análisis sectorial para la provincia de Buenos Aires', *Cuadernos de economía*, 74.
- Schumpeter, J.**, (1935), 'Analysis of economic change' en: *The Review of Economics and Statistics*, Massachusetts Institute of Technology, MIT Press, 17(4): 2-10.
- SIAP**, (2013), *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Boletín semanal del SIAP de la SAGARPA, 2. <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>
- Suchiradipta, B., & S. Raj**, (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*, 1-26. doi: 10.1080/1389224X.2014.939200
- Tironi, E. y S. Pérez, B.**, (2008), 'La cohesión social latinoamericana. A modo de conclusión', en *E. Tironi & C. Cox* (eds.), *Redes, Estado y mercados: Soportes de la cohesión social Latinoamericana*, Santiago de Chile, Uqbar, pp. 377- 407.
- Todtling, F., and A. Kaufmann**, (1998), 'Innovation Systems in Regions of Europe' – A Comparative Perspective. Paper presented to the 38th congress of the European Regional Science Association, Vienna, August 28–September 1.
- Valente T. W.**, (1996), 'Social network thresholds in the diffusion of innovations', *Social Networks*, 18: 69-89.
- Vargas Canales, J. M., Palacios Rangel, M. I., Camacho Vera, J. H., Aguilar Ávila, J., & Ocampo Ledesma, J. G.**, (2015), 'Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México', *REMEXCA*, 6(4), 827-840.
- World Bank**, (2006), *Enhancing Agricultural Innovation: How to Go Beyond Strengthening of Research Systems*. Washington, DC: World Bank.

Wu, B. and J. Pretty, (2004), *'Social connectedness in marginal rural China: the case of farmer innovation circles in Zhidan, north Shaanxi'*, Agriculture and Human Values, 21: 81-92.