Economía y desarrollo rural

Artículo de investigación científica y tecnológica

Innovaciones tecnológicas en el sector hortícola del noroeste de México: rapidez de adopción y análisis de redes de difusión

Technological innovations in the horticultural sector in northwestern Mexico: adoption speed and diffusion networks analysis

Inovações tecnológicas no setor hortícola do noroeste do México: rapidez de adoção e análise de redes de difusão

Belem Dolores Avendaño-Ruiz,[1] Myriam Livier Hernández-Alcantar,[*2]
Federico Martínez-Carrasco-Pleite[3]

[1] Profesor-investigador, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Economía y Relaciones Internacionales. Mexicali, México. Correo: b_avendano@uabc.edu.mx
[2] Profesor de asignatura nivel C, Universidad Autónoma de Baja California. Tijuana, México. Correo: myriam.hernandez@uabc.edu.mx
[3] Profesor-investigador, Universidad de Murcia. Murcia, España. Correo: femartin@um.es

Fecha recepción: 15/09/2016
Fecha aprobación: 02/03/2017

Para citar este artículo: Avendaño-Ruiz, B. D., Hernández-Alcantar, M. L., & Martínez-Carrasco-Pleite F. (2017). Innovaciones tecnológicas en el sector hortícola del noroeste de México: rapidez de adopción y análisis de redes de difusión. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 18*(3), 495-511

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:740

* Autor de correspondencia

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Resumen

La investigación que da origen a este artículo se centra en identificar el proceso de adopción y difusión de innovaciones en la horticultura de exportación del noroeste de México, teniendo en cuenta las diferencias según el tamaño del productor. La estimación del índice de rapidez de adopción señala que son los grandes productores quienes adoptan más temprano y son líderes en esta actividad, razón por la cual existe una brecha tecnológica entre pequeños y grandes productores, acentuada por limitantes económicas. Esto convierte a los pequeños productores en adoptantes tardíos, que dependen de programas públicos para la implementación de estos procesos. El estudio se realizó en cuatro entidades del noroeste de México (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa), que en conjunto aportan en promedio el 17 % de la producción hortofrutícola de este país. Se observa, así mismo, que el mercado internacional es un fuerte promotor de la adopción de innovaciones, en particular, las relacionadas con los estándares de inocuidad alimentaria, que son adoptadas por el 84 % de los productores. En el análisis de redes, se destaca el papel de las organizaciones gremiales como difusoras de las innovaciones tecnológicas, por ejemplo, la Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa y la Asociación Agrícola Local de Productores de Hortalizas, Frutas y Legumbres de Hermosillo, en Sonora.

Palabras clave: horticultura, adopción de innovaciones, inocuidad alimentaria

Abstract

The article focuses on the identification of innovation adoption and diffusion processes in the export horticultural sector in northwestern Mexico, and the differences identified taking into account the type of producer depending on the production size. The results of the adoption speed index suggests that large producers are distinguished as being early adopters and leaders in innovation adoption in this activity; but as long as there is a technological gap between small and large producers, that is increased even more by economical limitations, these will be identified as late adopters for this activity, supported by public programs for its adoption. The study was conducted in four entities of northwestern Mexico, Baja California, Baja California Sur, Sonora and Sinaloa, that in average contribute with 17 % of the national horticultural production. The international market is a strong promotor in innovation adoption, particularly in those related to food safety standards that are adopted by 84 % of the producers. The network analysis highlights the role of union organizations as technological innovation diffusors, e.g. the Confederation of Agricultural Associations of the Sinaloa State, and the Local Agricultural Association of horticulture, Fruits and Legumes of Hermosillo in Sonora.

Key words: Horticulture, Innovation adoption, Food safety

Resumo

A pesquisa que dá origem a este artigo se foca em identificar o processo de adoção e difusão de inovações na horticultura de exportação do noroeste do México, considerando as diferenças segundo o tamanho do produtor. A estimativa do índice de rapidez de adoção indica que são os grandes produtores que adotam mais cedo e são líderes nessa atividade, razão pela qual existe uma brecha tecnológica entre pequenos e grandes produtores, acentuada por limitantes econômicas. Isso converte os pequenos produtores em adotantes tardios, que dependem de programas públicos para a implantação desses processos. O estudo foi realizado em quatro entidades do noroeste do México (Baja California, Baja California Sur, Sonora e Sinaloa), que, em conjunto, contribuem em média com 17 % da produção hortofrutícola desse país. Observa-se, além disso, que o mercado internacional é um forte promotor da adoção de inovações, em particular, as relacionadas com os padrões de inocuidade alimentar, que são adotados por 84 % dos produtores. Na análise de redes, destaca-se o papel das organizações gremiais como difusoras das inovações tecnológicas, por exemplo, a Confederação de Associações Agrícolas do Estado de Sinaloa e a Associação Agrícola Local de Produtores de Hortaliças, Frutas e Legumes de Hermosillo, em Sonora.

Palavras chaves: horticultura, adopção de inovação, inocuidade dos alimentos

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Introducción

En la agricultura, como en otras actividades económicas, la adopción de innovaciones tecnológicas generalmente induce cambios tendientes a mejorar el proceso productivo en sus diferentes facetas. Elementos clave en la innovación tecnológica son el tiempo y la forma en que esta se adopta, pues la tecnología puede existir, pero no todos los miembros del sistema la implantan al mismo tiempo: algunos productores son más flexibles al cambio y la adoptan de manera inmediata, en tanto que otros lo hacen con cierto periodo de retraso (Rogers, 1995).

Por otra parte, las instituciones juegan un papel importante en la implementación de una estructura sólida de interacción humana (North, 1993), que contribuya al establecimiento de reglas de juego en una sociedad o grupo de actores, cuyo objetivo es autorregularse en sus actuaciones para así poder interrelacionarse con sus semejantes y maximizar las oportunidades, riqueza y renta de sus actores económicos (North, 1991). En el ámbito agrario, la incorporación de innovaciones tecnológicas en los sistemas productivos y el fortalecimiento de las instituciones de apoyo, por su importancia en la promoción del desarrollo, son elementos de capital importancia para robustecer cualquier sector regional. No se debe olvidar, en todo caso, la importancia de adaptar a las condiciones locales cualquier experiencia exógena exitosa que se quiera introducir en la actividad (Ayala, 2003).

Las innovaciones van más allá de un simple proceso que permita obtener un nuevo producto, pues estas deben tener un impacto económico y social. En este sentido, el *Manual de Oslo* (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2006) distingue cuatro grandes tipos de innovaciones: a) innovaciones de producto, que implican cambios significativos en las características de los bienes o de los servicios, esto es, bienes o servicios totalmente nuevos o mejoras significativas de los productos ya existentes; b) innovaciones de procesos, que suponen cambios significativos en los métodos de producción y de distribución; c) innovaciones organizativas, que hacen referencia a la puesta en práctica de nuevos métodos de organización, lo que puede incluir cambios en las prácticas de la empresa, en la organización del lugar de trabajo o en las relaciones de la empresa; y d) innovaciones de mercadotecnia, que implican la puesta en práctica de nuevos métodos de comercialización, por ejemplo, cambios en el diseño y el envasado de productos, en la promoción y colocación de los productos o en los métodos tarifarios aplicados en los bienes y servicios.

Así, la incorporación tecnológica en el sector agrario va más allá de los procesos de innovación en el ámbito productivo y se aplica también en el desarrollo de estrategias de transformación, organización y comercialización de los productos, de forma que lleguen a las manos de los consumidores con un mayor valor agregado y se establezcan cadenas productivas más rentables. Esto hace que tales innovaciones reciban el nombre de tecnologías posagrícolas (Herrera, 2006).

En este documento, se estudia el proceso de innovación entre los productores de hortalizas de la región noroeste de México, una de las más importantes zonas de producción intensiva del país, que comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora. Entre dichos estados, durante el periodo 1990-2008, se aportó en promedio un 17 % de la producción nacional de frutas y hortalizas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2016). En esta zona son diversos los factores que han generado a lo largo de los años condiciones favorables para un intenso desarrollo de la producción de hortalizas: condiciones climáticas, recursos naturales, comunicaciones, disponibilidad de mano de obra y la posición geográfica. Esta producción está orientada en su mayor parte a la exportación, pues ha complementado el mercado norteamericano (Avendaño, Rindermann, Lugo, & Mungaray, 2006). Lo anterior, sumado a la experiencia de más de cinco décadas en la actividad, ha favorecido el tránsito de empresas y agricultores de la producción tradicional a la producción intensiva en ambientes protegidos.

Materiales y métodos

Con el objetivo de determinar el proceso de adopción de innovaciones y el papel que han desempeñado las instituciones en este, se ha recurrido en esta

investigación a tres metodologías. La primera es el estudio de los adoptantes de innovaciones en distintos ámbitos (tabla 1) y la velocidad de difusión, para lo cual se empleó el índice de adopción de innovaciones y el índice de rapidez de adopción de innovaciones (Muñoz, Rendón, Aguilar, García, & Altamirano, 2004). La segunda metodología es el análisis de *supervivencia* de los adoptantes, a través de la técnica desarrollada por Kaplan y Meier (1958), que ratifica de manera indirecta los índices anteriores, pues compara los productores que sobreviven y no adoptan la tecnología con los que sí lo hacen, y tiene en cuenta el periodo de supervivencia. La tercera metodología es el *análisis de redes*, para conocer el papel de las instituciones en la promoción de la adopción (Clark, 2006). Más adelante, se describe de manera detallada cada una de ellas, así como las variables utilizadas en las estimaciones.

Para el estudio del proceso de difusión de innovaciones en el sector hortifrutícola del noroeste de México, primero se identificaron los grupos de innovaciones propias del sistema de producción agrario estudiado. Tal y como se detalla en la tabla 1, se ubicaron seis grandes categorías, dentro de las cuales se incluían los principales adelantos tecnológicos o innovaciones más destacadas implementados en el sector hortícola, de acuerdo con tres grandes ámbitos de innovación que fueron incluidos en el cuestionario para los productores.

Tabla 1. Innovaciones estudiadas en el sector hortícola mediante la encuesta

Categorías de innovación	Innovaciones consideradas
De proceso	I. *Plantación*: malla sombra, semilla mejorada, plántula y acolchado de suelo. II. *Riego*: sistemas de riego controlados por computador, planta desalinizadora, cabezal de riego, riego por goteo y microaspersores. III. *Fertilización*: mezclas de fertilizante, medidor de pH, medidor de conductividad eléctrica y producción entutorado
De organización	IV. Sanidad e inocuidad: manejo integrado de plagas, buenas prácticas agrícolas, estándares y certificación. V. Manejo de poscosecha: cámaras frigoríficas, cámaras de maduración artificial, cámaras de maduración acelerada, buenas prácticas de empaque y certificación.
De mercadotecnia	VI. Administración y comercialización: sondeo de precios, comercializadora propia o en sociedad, página web y marca propia.

Fuente: Elaboración propia con base en el *Manual de Oslo* (OCDE, 2006) y el estudio de campo

A partir de la información recabada sobre las innovaciones antes descritas, y con el objeto de analizar los procesos de difusión de estas, se calcularon dos índices compuestos con las ratios de adopción individuales de innovaciones: el índice de adopción de innovaciones por categorías (IAIC) y el índice de rapidez de adopción de innovaciones por categoría (InRAC), de acuerdo con los planteamientos de Muñoz et al. (2004).

El cálculo del IAIC permite ubicar a los productores que revelan haber adoptado innovaciones en cada una de las categorías anteriormente descritas. Así, para cada productor se realizó un primer cálculo del IAIC mediante la ecuación 1:

$$IAIC_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^{n_k} Innov_{jk}}{n_k} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

$IAIC_{ik}$ = índice de adopción de innovaciones del i-ésimo horticultor en la k-ésima categoría.

$Innov_{jk}$ = presencia de la j-ésima innovación en la k-ésima categoría.

n_k = número total de innovaciones en la k-ésima categoría.

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Los índices de innovación así diseñados permitieron ubicar las categorías en las cuales los productores de la zona de estudio están siendo más innovadores. Esto hace posible agruparlos por ubicación geográfica o por su dimensión (pequeños frente a grandes productores) y analizar la existencia de posibles diferencias entre grupos.

Una vez conocido el porcentaje de productores que habían revelado la aplicación o no de las innovaciones descritas en el apartado previo, se pasó a su clasificación como innovadores tempranos o tardíos. Para ello se propuso el cálculo del InRAC, con el fin de conocer cuáles fueron las primeras innovaciones y los primeros adoptantes por categoría, o bien para conocer el grupo de productores (pequeños o grandes). Para el cálculo de este índice fue preciso contar con datos sobre el año en que se dio la primera adopción de la innovación o las innovaciones reveladas por el productor. En la etapa siguiente se calculó el indicador de rapidez de innovaciones (IRAI), según la ecuación 2:

$$IRAI_{ij} = \frac{Tadop_{ij}}{MaxTadp_{j}} \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

$IRAI_{ij}$ = índice de rapidez de innovaciones del i-ésimo horticultor en la j-ésima innovación.

$Tadop\ i\ j$ = tiempo (año) en el cual el i-ésimo horticultor adoptó la j-ésima innovación.

$MaxTadopj$ = tiempo máximo de la j-ésima innovación, resultante de la diferencia entre el año de vigencia menos el año en que se da la primera adopción de la j-ésima innovación.

El resultado que se obtiene en esta primera etapa permite ubicar de manera individual la velocidad de adopción de la innovación para cada uno de los productores. Como todo índice, este debe estar entre 0 y 1, donde 0 indica que el productor *i* no realizó la innovación *j*, y 1 indica que el productor *i* es el primero en haber adoptado la innovación *j*. Con el IAIC, por tanto, no es posible identificar este aspecto, ya que el valor igual a 1 solo indica que el productor *i* realizó el conjunto de innovaciones en la categoría *j*. Una vez obtenido el IRAI, se pasa a una nueva etapa para identificar la rapidez de adopción de innovaciones por categorías, el índice IRAC, según la ecuación 3:

$$IAIC_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^{k} IRAI_{jk}}{n_k} \qquad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

$IRAIC^{ik}$ = índice de rapidez de adopción de innovaciones del i-ésimo horticultor en la k-ésima categoría de innovación.

$IRAI_{jk}$ = índice de rapidez de innovaciones de la j-ésima innovación en la k-ésima categoría.

nk = número total de innovaciones en la k-ésima categoría.

Con el índice así calculado, se tiene que aquel productor que obtenga un IRAC igual a 1 en la categoría *j* será un adoptante temprano, mientras que serán más tardíos —seguidores— en su adopción cuanto menor sea el valor del índice. Nuevamente, el estudio de este indicador en el que se tuvieron en cuenta diferentes grupos posibilitó analizar la existencia de diferencias al interior del grupo como tal. Se dio el caso, por ejemplo, de que si bien el nivel de adaptación de innovaciones —medido por el IAIC— por parte de los pequeños productores puede ser muy similar al de los grandes, los pequeños presentan diferencias entre sí en la velocidad de adopción —medida con el IRAC—. De ahí el interés de contar con las mediciones de ambos indicadores.

La identificación del proceso de difusión de innovaciones se realizó con un análisis no paramétrico de la función de supervivencia, para lo cual se siguió el procedimiento propuesto por Kaplan y Meier (1958). Este procedimiento se lleva a cabo mediante un método de cálculo de tablas de mortalidad, que estima la función de impacto o supervivencia para

el tiempo en que tiene lugar cada evento. En esta investigación, implementamos dicho procedimiento referido al tiempo o año de implementación (evento censurado) de la innovación por parte del productor consistente en la implantación de malla-sombra o invernadero para la producción de hortalizas frente a la opción de seguir produciendo al aire libre sin cobertura alguna (es decir, la sobrevivencia sin la adopción tecnológica). Se eligió esta innovación por su actualidad e interés al momento de realizar el estudio.

Como se ha descrito, para detectar las innovaciones en el sector hortícola y el papel de las instituciones en el proceso de adopción tecnológica, se realizó de manera complementaria un análisis de redes. Esta metodología emplea mapas —o grafos, en el lenguaje matemático— como herramienta útil para levantar información de interés acerca de la realidad y de las relaciones existentes entre los diferentes actores del sistema hortícola estudiado (Clark, 2006). Para el presente análisis de redes es necesario conocer dos cuestiones fundamentales: los nodos representan a las personas o instituciones (actores) del sistema, mientras que los vínculos (líneas) muestran las diferentes relaciones que se establecen entre los actores o nodos y la intensidad (densidad) de dichas relaciones.

El análisis de redes se puede expresar a través de grafos (G) que se determinan a partir de dos conjuntos de información: un conjunto de nodos $N = \{n_1, n_2, ..., n_g\}$ y un conjunto de líneas $L = \{1_1, 1_2, ..., 1_L\}$ entre pares de nodos. En un grafo con nodos (N) y líneas (L) determinado —que se representa como $G(N, L)$— se dirá que dos nodos son adyacentes si la línea $l_k = (n_i, n_j)$ está incluida en el conjunto de líneas L (Sanz, 2003).

Una medida comúnmente usada en los estudios de redes es el grado de centralidad, que se estima con base en la siguiente fórmula: $\sum[c^*-c_i]/\max \sum [c^*-c_i]$, donde la suma de las diferencias entre c* (que es el nivel de centralidad del actor que tuvo el índice más alto) y c_i (el nivel de cada uno de los demás actores) se normaliza de acuerdo con el máximo nivel de centralización ($\max \sum [c^*-c_i]$) posible (Monge & Hartwich, 2008).

Para la realización de este análisis de redes se empleó el programa Ucinet 0.6 (Borgatti, Everett, & Freeman, 2002), que se emplea para análisis estadístico. Con las medidas de densidad y centralidad, además de conocer el nivel de interconexiones existentes entre los actores del sistema hortícola y su nivel de apertura o jerarquización, fue posible identificar los actores de prestigio en los procesos de innovación dentro del sector estudiado.

Para realizar el análisis de redes se partió de identificar los vínculos existentes entre instituciones y productores, lo cual aporta información complementaria de gran interés acerca de los procesos de innovación en el sector. El principal objetivo fue determinar la importancia que tienen las distintas instituciones públicas y privadas en materia de investigación, desarrollo, apoyo financiero, política pública y organizaciones gremiales de productores.

Origen de la información y caracterización de los productores hortícolas

Para obtener los datos se diseñaron dos cuestionarios, uno dirigido a productores y otro a las instituciones involucradas en la prestación de servicios al sector agrícola, según se describe a continuación:

1. Encuesta a productores hortícolas. De un total de 343 productores de hortalizas identificados en la región noroeste de México por tener afiliación gremial, se pudo contactar y visitar a 58 responsables de explotaciones, muestra que se aproxima al número de productores registrados en cada estado de la siguiente manera: Baja California (26), Baja California Sur (15), Sinaloa (13) y Sonora (5). El error muestral es del 7,27 % en proporciones intermedias y del 12,11 % en proporciones extremas, dado el tamaño finito de la población objetivo.
   El levantamiento de encuestas se realizó en dos etapas: la primera, en julio de 2009 (en la que fueron encuestados los productores del estado de Baja California Sur y Baja California [Zona Costa de Ensenada]), y la segunda, en los meses de marzo a mayo de 2010 (en la que fueron encuestados los productores de los estados de Sinaloa y Sonora). El cuestionario, que fue aplicado gracias a los recursos aportados por la Universidad Autónoma de Baja California y el Consejo Nacional

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

de Ciencia y Tecnología, permitió recabar información acerca de las innovaciones introducidas por los productores en las últimas décadas, así como analizar los procesos de adopción y difusión de innovaciones de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

2. Encuesta a responsables de instituciones. En el caso de las instituciones, la muestra que se alcanzó fue de 32 dependencias, tanto públicas como privadas. Las entrevistas fueron realizadas en los primeros meses de 2010, con la presencia común de algunas instituciones en varios de los estados estudiados. Es importante señalar que el análisis de redes se limitó a tres de los cuatro estados de la región noroeste, toda vez que se careció del apoyo de los responsables de las instituciones para las entrevistas en Baja California Sur.

La muestra de productores encuestada en este estudio correspondió a explotaciones con una superficie media de 152 hectáreas y una producción media de hortalizas de 5.891 toneladas, que les dam empleo directo a 922 personas por explotación en promedio. Las diferencias existentes entre grandes y pequeñas explotaciones (tabla 2), además de poner de manifiesto la heterogeneidad que existe dentro del sistema de producción hortícola, permite comprobar la importante vocación exportadora del sector y la relación directa existente entre el mayor tamaño de las explotaciones y la mayor orientación hacia los mercados de externos.

Tabla 2. Caracterización de la muestra según el tamaño de las explotaciones hortícolas

	Pequeña	Mediana	Grande	Promedio
Superficie (ha)	11,53	49,11	292,04	**152**
Producción (t)	494,77	2.005,51	10.980,05	**5.891**
Empleo (personas)	45,57	106,67	1.297	**922**
Exporta (t)	287	1.481,85	9.345,71	**4.289**
Productores encuestados	22	9	27	

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en la encuesta

Resultados y discusión

La importancia y tradición de la actividad hortícola en el noroeste de México, con una destacada posición en la producción de *Solanum lycopersicum* (tomate rojo), se puso de manifiesto con el estudio de las primeras innovaciones analizadas, en las que se identificó que los productores de Sinaloa, ya para los años sesenta, habían construido cámaras frigoríficas y habían desarrollado marcas propias. En la muestra analizada se comprobó el liderazgo de ese estado en la implantación de las innovaciones descritas y estudiadas, pues sus productores fueron pioneros en la introducción de sistemas de producción de invernadero (1970) y en otras innovaciones de producto como las plántulas (1974) o las semillas mejoradas (1990). Como puede verse en la tabla 3, el nivel de difusión de innovaciones en el ámbito de sanidad e inocuidad alimentaria es muy elevado entre los productores de los cuatro estados analizados, ya que el 100 % de aquellos sigue los protocolos de buenas prácticas agrícolas (BPA), el 93 % realiza un manejo integrado de plagas, el 84 % sigue otros estándares internacionales de inocuidad alimentaria y el 78 % cuenta con al menos un reconocimiento en esta materia. Esos altos niveles de implantación de innovaciones en la categoría de sanidad e inocuidad, justificados en parte por ser una exigencia de los mercados de exportación, son similares en otras categorías de innovación, como el uso de sistemas de riego por goteo (91 %), de semillas mejoradas (90 %) o el seguimiento de precios de los mercados (83 %).

Tabla 3. Nivel de implantación (frecuencia relativa en %) y año (medio e inicial) de adopción de innovaciones por parte de los horticultores

Categoría	Innovación	Adopción (%)		Año de implantación	
		Sí	No	Medio	Primero
I. Plantación	Malla-sombra o invernadero	63,79 %	36,21 %	2005	1970
	Semilla mejorada	89,66 %	10,34 %	1998	1990
	Plántula	70,69 %	29,31 %	1998	1974
	Acolchado de suelo	63,79 %	36,21 %	2002	1985
II. Riego	Riego por goteo	91,38 %	8,62 %	1998	1980
	Máquina desalinizadora	3,45 %	96,55 %	2010	1990
	Cabezal de riego	43,10 %	56,90 %	2005	1982
III. Fertilización	Sistema de inyección	77,59 %	22,41 %	2001	1987
	pH y CE	50,00 %	50,00 %	2007	1993
IV. Sanidad e inocuidad	Manejo integrado plagas	93,10 %	6,90 %	1998	1980
	Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manejo (BPM)	100,00 %	0,00 %	2002	1990
	Estándares	84,48 %	15,52 %	2004	1995
	Certificación	77,59 %	22,41 %	2006	1992
V. Manejo poscosecha	Cámaras frigoríficas	74,14 %	25,86 %	1999	1960
	Control automatizado con cámaras	48,28 %	51,72 %	2004	1970
	Cámara de maduración artificial	15,52 %	84,48 %	2010	1992
VI. Administración y comercialización	Sondeo de precios	82,76 %	17,24 %	2002	1983
	Organización	77,59 %	22,41 %	2003	1980
	Página web	36,21 %	63,79 %	2009	2000
	Marca propia	32,76 %	65,52 %	2006	1960

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en la encuesta

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

El análisis de los datos que ofrece de manera agregada el índice de rapidez de adopción por categorías (IRAC) permite comprobar la desigual velocidad de implantación de cada uno de los grupos de innovaciones (tabla 4), por ejemplo, sanidad e inocuidad (IV) y manejo poscosecha (V) son innovaciones que presentan, respectivamente, un carácter más temprano y más tardío en su adopción de entre las seis categorías analizadas.

Diferencias de adopción de acuerdo con la escala del productor

El estudio de los índices de adopción tecnológica dentro del sector (con las diferencias pertinentes entre pequeños, medianos y grandes productores) permite comprobar los altos niveles de implantación de innovaciones alcanzados en la categoría IV (sanidad e inocuidad) (figura 1) en la cual es generalizada la producción de acuerdo con los criterios de BPA y BPM. Esto obedece, tal y como ya se ha señalado, a las exigencias del mercado global, pero también al papel que han desempeñado en su difusión algunas dependencias públicas, como el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), que promueve la importancia de la certificación en inocuidad alimentaria (de fundamental relevancia en un sector con orientación exportadora).

De modo contrario, se comprueba el escaso nivel de adopción que presentan pequeñas y medianas explotaciones frente a grandes productores en la categoría VI (administración y comercialización), o la relación más directa existente entre el tamaño de las explotaciones y la adopción de innovaciones de la categoría V (manejo de poscosecha), que evidencia el menor potencial comercial y de manipulación que tienen los pequeños y medianos productores agrarios. La heterogeneidad que existe dentro del sector se pone de manifiesto en el hecho de que las facetas I, II, III y IV (plantación, sistemas de riego, fertilización y sanidad e inocuidad, respectivamente) presenten niveles de desarrollo tecnológico muy similares entre pequeños, medianos y grandes productores: se da el caso, por ejemplo, de productores con distintas escalas que alcanzan posiciones de liderazgo en la adopción de innovaciones diferentes a la manipulación y posterior comercialización de los productos.

Tabla 4. Índices de adopción de innovaciones (IAIC) y de rapidez de adopción por categorías (IRAC)

	Baja California		Baja California Sur		Sinaloa		Sonora		Total	
	IAIC	IRAC	IAIC	IRAC	IAIC	IRAC	IAIC	IRAC	IAIC	IRAC
I. Plantación	0,62	0,21	0,83	0,30	0,80	0,42	0,80	0,38	**0,72**	**0,31**
II. Riego	0,45	0,24	0,49	0,23	0,42	0,24	0,40	0,16	**0,46**	**0,22**
III. Fertilización	0,58	0,34	0,70	0,34	0,64	0,43	0,80	0,35	**0,64**	**0,31**
IV. Sanidad e inocuidad	0,85	0,13	0,88	0,40	0,91	0,41	1,00	0,47	**0,89**	**0,38**
V. Manejo de poscosecha	0,41	0,14	0,42	0,14	0,61	0,26	0,47	0,12	**0,46**	**0,16**
VI. Administración y comercialización	0,51	0,54	0,35	0,15	0,86	0,36	0,80	0,42	**0,57**	**0,21**
Total	**0,57**	**0,56**	**0,61**	**0,26**	**0,71**	**0,36**	**0,69**	**0,32**	**0,62**	**0,27**

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en la encuesta

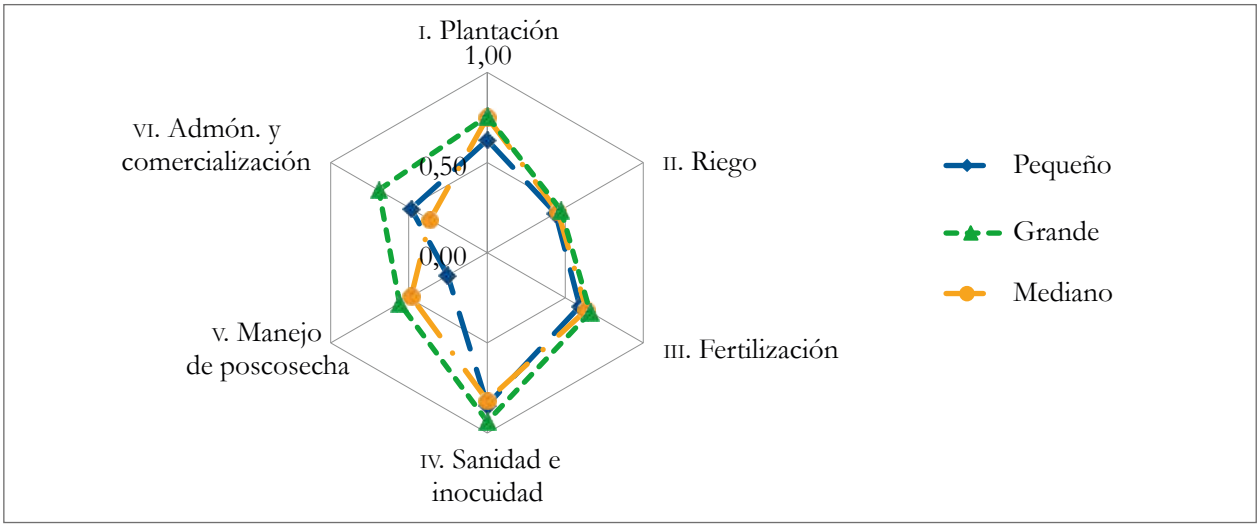

Figura 1. Índice de adopción de innovaciones según el tamaño del productor.
Fuente: Elaboración propia con información obtenida en la encuesta

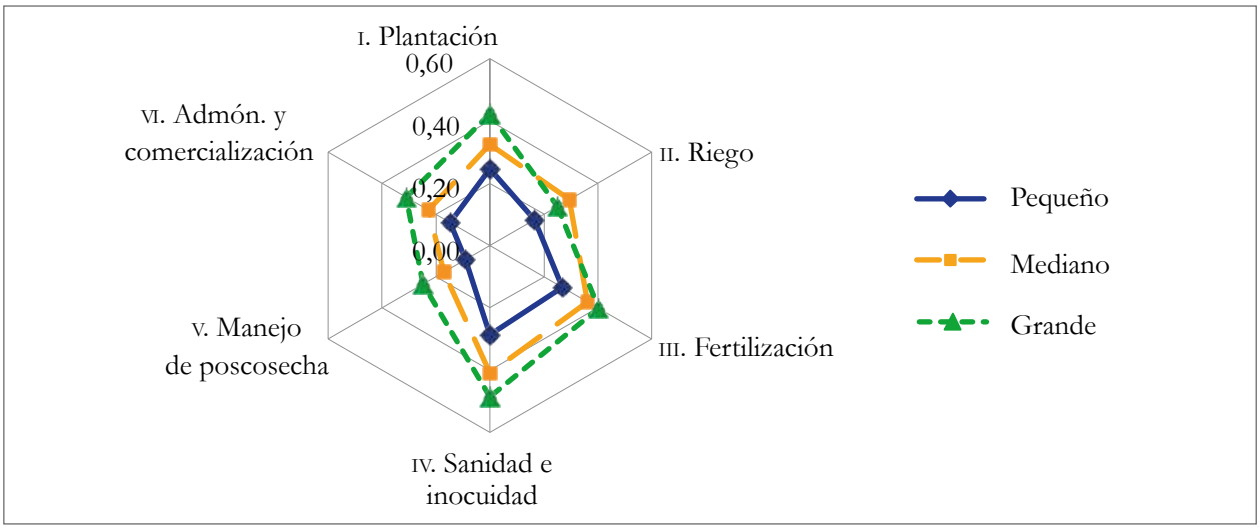

Figura 2. Índice de rapidez de innovaciones según el tamaño del productor.
Fuente: Elaboración propia con información obtenida en la encuesta

Si bien en términos de nivel de adopción de innovaciones tan solo en dos de las categorías descritas hay importantes diferencias entre grandes y pequeños productores, estas se agudizan con el análisis de su velocidad de adopción. Así, el estudio del índice de rapidez de adopción permite comprobar cómo son los grandes productores los que inician los cambios (figura 2), los primeros en introducir en sus procesos productivos las innovaciones que se presentan en el mercado en todos los ámbitos analizados —productivo, de transformación, organizativo o comercial—. Su carácter de adoptante temprano contrasta en todas las categorías estudiadas con la característica de seguidor de los medianos y pequeños productores. Cabe mencionar que la excepción a dicha regla la plantean los datos relativos a la categoría II (riego), en la que los niveles de velocidad de adopción son máximos entre los medianos productores. Esto puede deberse a desiguales accesos a fuentes de aprovisionamiento de agua entre productores, pero también a la relevancia que la optimización del recurso del agua adquiere, dada su escasez e importancia en términos productivos y de costos tanto para medianos como para grandes productores.

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Estudio de la supervivencia de las innovaciones

El análisis de supervivencia de las innovaciones se llevó a cabo mediante el estudio del caso concreto del tránsito de sistemas de producción a cielo abierto a sistemas de producción protegidos. Del total de productores encuestados, el 64 % reveló haber realizado un cambio desde la horticultura de campo abierto a los sistemas de ambiente protegido como malla-sombra o invernadero. De estos, el 43 % corresponde a la categoría de grandes productores, mientras que el 67 % restante se distribuye entre pequeños y medianos horticultores, por lo cual resulta significativa la mayor presencia de esta innovación entre los grandes productores.

El estudio del periodo de cambio en esta innovación determina el 2005 como el año en el que se concentró el mayor número de adoptantes, periodo que coincide con la expansión de la inversión pública federal para la promoción de infraestructura para la horticultura protegida. Así, durante el periodo de 2001 a 2007, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México destinó 2.045,3 millones de pesos para apoyar 6.074 proyectos, que representan 2.201,5 hectáreas, en beneficio de un total de 50.806 productores en México (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Sagarpa], 2009a; 2009b). La estimación de la función de Kaplan y Meier, tal y como se muestra en la figura 3, permite comprobar cómo son los grandes productores los adoptantes más tempranos, pues realizaron el cambio entre 1998 y 2002. Se explica así el hecho de que el mayor número de adopciones se haya realizado precisamente en 2005 como consecuencia del apoyo gubernamental, en especial, para los pequeños y medianos productores, que se hallaban rezagados.

Es factible afirmar, para el caso de la actividad hortícola de la región noroeste de México, que el tamaño del productor es uno de los elementos determinantes en el proceso de adopción: los adoptantes tempranos son los grandes productores, mientras que los pequeños y medianos agricultores son adoptantes tardíos. Se observa también que las decisiones sobre la innovación o el conjunto de innovaciones por adoptar están relacionadas con la velocidad del proceso, y este, a su vez, con la capacidad que tienen los productores para realizar financieramente las inversiones necesarias y acceder a la información sobre los cambios en el mercado.

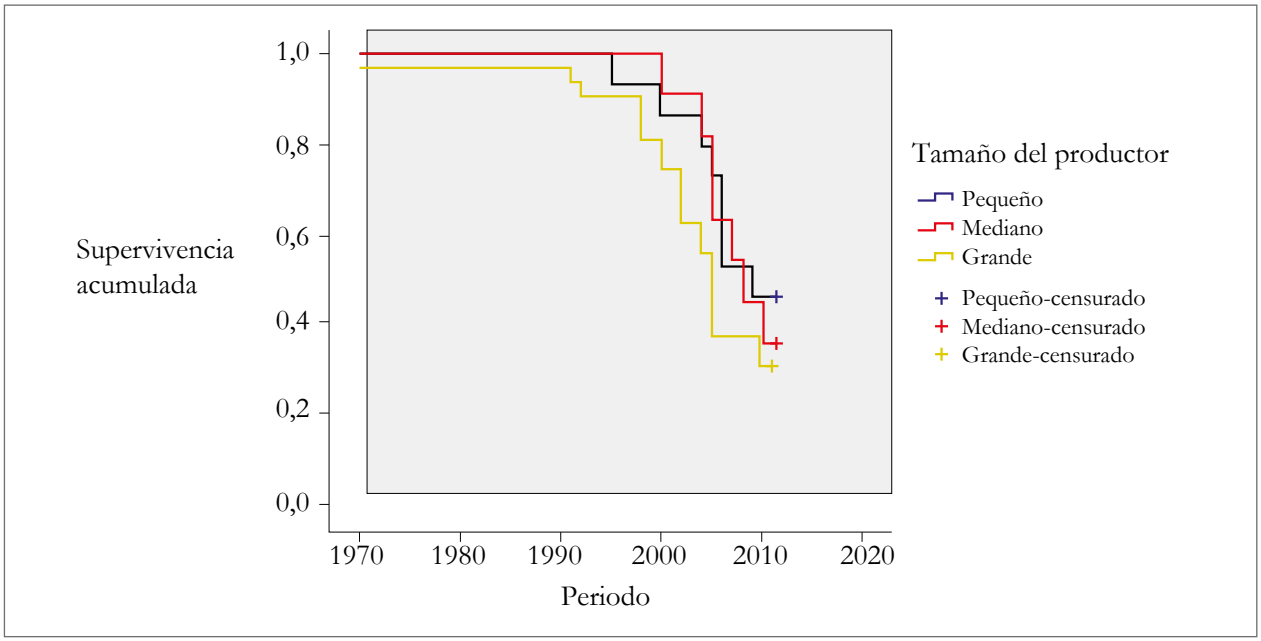

Figura 3. Función de supervivencia de Kaplan y Meier según el tamaño del productor.
Fuente: Elaboración propia con información obtenida en la encuesta

De acuerdo con los datos obtenidos de la encuesta, el 100 % de los grandes productores indicó estar informados sobre los cambios relacionados con su producción, el 90 % de ellos asistió con frecuencia a ferias y exposiciones agrícolas, y el 59 % recibió financiamiento en alguna ocasión por parte de la banca privada —muy por encima de las cifras correspondientes a pequeños y medianos productores—, lo que les permitió innovar con mayor rapidez en comparación con medianos y pequeños productores.

Red de innovación en el sistema hortícola

Los indicadores obtenidos del análisis de redes permiten identificar diferencias en términos de densidades en cada uno de los sistemas hortícolas de los tres estados analizados. Ese indicador, que permite aproximar la capacidad que en cada zona tienen sus nodos de relacionarse y de establecer vínculos entre sí, varía según a las circunstancias de cada entorno socioeconómico; de manera general, resulta mayor en los sistemas con un menor número de actores (Muñoz et al., 2004). Así, la red de innovación de Baja California —compuesta por 45 nodos— es la que presenta la densidad más baja (7,7 %), le sigue el caso de Sinaloa (13,9 %) —que contaba con 30 nodos— y finalmente está el estado de Sonora con la máxima densidad alcanzada (19,10 %), región que contaba con el menor número de actores —23 nodos—.

No obstante, el bajo valor que alcanza el índice de densidad en todos los casos muestra espacios de mejora en los niveles de conexión entre los participantes en la red de innovación. Se esperaría que un mayor número de interacciones entre los actores implicados en los procesos de innovación facilitara los procesos de adopción y difusión de diferentes tecnologías clave para el fortalecimiento de la competitividad del sector.

Más allá de la información que este indicador aporta acerca del nivel de relaciones existentes en cada sistema, permitió identificar en cada grupo —a través del promedio del índice de grado de centralidad normalizado de cada nodo— los actores que presentaban un mayor grado de centralidad. En la tabla 5 se muestran aquellos que dentro de cada grupo institucional presentaban más conexiones con otros actores, los cuales pueden denominarse *actores de prestigio*. Tal sería el caso, en los tres estados estudiados, de instituciones de política pública y apoyo al desarrollo del sector (como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Sagarpa], en los estados de Baja California y Sonora, o el Comité Estatal de Sanidad Vegetal [Cesave]); instituciones de crédito de origen público como Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) y Fideicomiso de Riesgo Compartido (Firco) (el cual es el mayor dentro del sector debido a su centralidad); e instituciones de investigación y centros de enseñanza (como la Fundación Produce A. C., en Baja California, y el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria [Inifap]) en los estados de Sinaloa y Sonora.

Tabla 5. Actores de prestigio de la red de innovación en la horticultura del noroeste de México

Actores de la red	Grado de centralidad promedio (%) *					
	Baja California		Sinaloa		Sonora	
	(%)	Actor de prestigio	(%)	Actor de prestigio	(%)	Actor de prestigio
Instituciones de política pública	16,67	Sagarpa	21,38	Cesave	35,60	Sagarpa
Instituciones de crédito	15,34	FIRA	23,27	Financiera Rural	26,13	Firco y FIRA

(Continúa)

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

(Continuación tabla 5)

Actores de la red	Grado de centralidad promedio (%) *					
	Baja California		Sinaloa		Sonora	
	(%)	Actor de prestigio	(%)	Actor de prestigio	(%)	Actor de prestigio
Instituciones y centros de enseñanza	28,41	Fundación Produce A. C.	31,03	Inifap	42,42	Inifap
Empacadoras de hortalizas	15,91	Los Pinos	31,03	Del Campo	36,36	El Pañuelito
Productores de hortalizas	43,18	Don Juanito	58,63	Otros productores	45,45	Otros productores
Empresas certificadoras	11,36	Junta Local de Sanidad Vegetal	31,03	PrimusLab	36,36	Junta Local de Sanidad Vegetal
Organizaciones económicas de hortalizas	28,03	Consejo Agrícola de Baja California (CABC) y Unión Agrícola Regional de Productores de Hortalizas del Valle de Mexicali (UARPFyH)	53,45	Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa (Caades)	56,82	Asociación de Agricultores Río Fuerte Sur (AARF)

*Grado de centralidad de la red completa: Baja California 31,45 %, Sinaloa 34,84 % y Sonora 32,47 %.
Fuente: Elaboración propia con información obtenida en la encuesta y las entrevistas

En los tres estados analizados, los resultados arrojan que son los mismos productores de hortalizas quienes se relacionan entre sí y comparten experiencias sobre las innovaciones que han incorporado en sus producciones. Es el productor quien se identifica como actor prestigio con el mayor porcentaje de participación en las tres entidades: 43,18 % en Baja California, 58,63 % en Sinaloa y 45,45 % en Sonora. De igual forma se observa cómo las organizaciones gremiales han venido jugando un papel central en la promoción de innovaciones: en primer lugar, Sonora (56,82 %), seguido por Sinaloa (53,45 %) y, por último, con un porcentaje menor de reconocimiento, Baja California (28,03 %). Con respecto a las instituciones de enseñanza e investigación, se observa cómo en Baja California la Fundación Produce A. C. ocupa un grado de centralidad importante en la categoría de investigación y desarrollo (28,41 %), mientras que para Sinaloa y Sonora esta misma actividad es representada por el Inifap, con el 31,03 % y el 42,42 %, respectivamente. Era de esperarse que el reconocimiento de las instituciones y organizaciones dedicadas a la investigación y transferencia de tecnología fuese elevado, pues son protagonistas de programas específicos de políticas públicas de impulso a la innovación tecnológica. No obstante, es de gran

importancia la participación de los actores principales del sector en la difusión y transferencia, bien sea los propios productores, bien sus entidades representativas.

Pese a la importancia que determinados actores tienen dentro de los procesos de innovación en el sistema hortícola del noroeste de México, el análisis del índice de centralidad de esas áreas (inferior al 35 % en todas las zonas de producción) permite comprobar un menor nivel de jerarquización —o una mayor tendencia a un modelo de red abierta— que en otros sistemas agrarios. Por tanto, es menor la dependencia dentro de este sistema de un único actor de prestigio con el que se relacionan todos los participantes o al que todos acuden. Un ejemplo de un sistema más jerárquico que el estudiado en este trabajo es descrito por Muñoz et al. (2004) para el caso de la red de innovación citrícola del Valle de Apatzingán (México), en el cual se estimaba un índice de centralidad del 52,23 %, más tendente a una red de innovación jerárquica. Cabe anotar que la existencia de un actor principal del que dependen los flujos de información, el control y la eficacia de los procesos de innovación puede acarrear inconvenientes.

Conclusiones

El estudio de las innovaciones en los ámbitos de procesos productivos, organizacionales y de mercadotecnia ha permitido comprobar el alto nivel de implantación que dentro del sector tienen diversos procedimientos y prácticas ligadas con la sanidad e inocuidad de los alimentos (protocolos de BPA, estándares y certificados de inocuidad, y prácticas de manejo integrado de plagas). Estos elementos son requisitos imprescindibles hoy en día para poder competir y acceder a los mercados de exportación a los que se dirige gran parte de la producción agrícola.

Si bien es entre finales de la década de los noventa y mediados de la primera década de este siglo cuando tiene lugar la adopción por parte de los productores hortícolas del mayor número de las innovaciones relevantes consideradas en este estudio, el análisis del año de su primera adopción permite comprobar la brecha presente entre las tecnologías, dado el retraso que existe con el año medio de implantación por parte del conjunto de sus adoptantes. Además, aún falta un gran número de tecnologías que solo han sido accedidas por un grupo destacado de productores. Ejemplo de esto es el riego por goteo, que pese a estar prácticamente adoptado por todos los productores en la actualidad (dada la escasez de agua en varias de las zonas productoras y la relevancia de este factor productivo en el cómputo total de costos de las explotaciones), ha presentado un proceso de difusión lento, con un retardo de casi veinte años entre el momento en que un primer agricultor lo adoptó y el año medio en que fue adoptado por el conjunto de los productores en el sector.

El estudio de innovaciones adoptadas solo por una parte de los productores ayuda a comprobar las importantes brechas que en el ámbito tecnológico y competitivo siguen existiendo dentro del sector hortícola del noroeste de México (que se caracteriza por ser heterogéneo), diferencias que son determinantes para la desigual escala económica de los productores. Así, el estudio logra demostrar —mediante los índices de los niveles de adopción, la velocidad de adopción de las innovaciones y el estudio de su supervivencia— la diferencia existente entre grandes y pequeños productores en cuanto a su capacidad de innovación y su nivel actual de tecnificación.

El estudio de las redes de innovación dentro del sistema hortofrutícola analizado ha permitido comprobar la baja densidad —falta de interconexiones— de estas y el grado de centralidad que dentro de este sistema productivo tienen los propios productores. Si bien muchos de ellos son líderes en sus respectivas zonas, así como también las propias organizaciones de apoyo y de representación del sector, el estudio también evidencia el papel que como actores de prestigio tienen otras dependencias ligadas al desarrollo del sector: instituciones públicas o privadas de apoyo y fomento (como Sagarpa), de apoyo financiero a los procesos de innovación (como el FIRA, por ejemplo) o de formación e investigación, estas últimas, esenciales en la transferencia de tecnologías y en la capacitación del capital humano.

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Para concluir, dada la importancia que el sector hortofrutícola estudiado tiene dentro del sector primario y el conjunto de la economía de sus respectivas regiones —pues genera empleo y riqueza en las zonas donde se localiza—, sería recomendable que continúe el apoyo desde la administración nacional y estatal. Es evidente que los procesos de innovación en este sector son esenciales para el mantenimiento de los niveles de competitividad en el ámbito internacional, ya que las innovaciones tecnológicas que en él se producen son continuas y las exigencias de calidad e inocuidad alimentaria que sus clientes en destino les imponen aumentan cada vez más.

Esos apoyos deberían, además, fomentar una mayor interconexión entre todos los actores que intervienen en los procesos de innovación, así como reducir la brecha que existe entre pequeños y grandes productores en cuanto a su capacidad de acceso a innovaciones. También deberían apostar por sistemas que contrarresten la menor capacidad de innovación y las limitadas capacidades competitivas que tienen los pequeños y medianos productores, a fin de contribuir a una distribución más equilibrada de la riqueza que tras esta actividad se genera.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Educación Pública (SEP) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por financiar el proyecto "Instituciones y estándares: competitividad limitada en el sector hortícola mexicano", convocatoria de investigación básica, 2005, vigencia 2008-2010. Así como a la Universidad Autónoma de Baja California, pues gracias a su apoyo fue posible recabar información para realizar el presente artículo.

Descargos de responsabilidad

De igual forma, los autores declaramos que no existe conflicto de interés en el estudio de investigación: "Innovaciones tecnológicas en el sector hortícola del Noroeste de México: rapidez de adopción y análisis de redes de difusión".

Referencias

Avendaño, B., Rindermann, R., Lugo, S., & Mungaray, A. (2006). *La inocuidad alimentaria en México: las hortalizas frescas de exportación*. México D. F.: MA Porrúa.

Ayala, J. (2003). Instituciones para mejorar el desarrollo. En Autor, *Un nuevo pacto social para el crecimiento y el bienestar*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica.

Borgatti, S., Everett, M., & Freeman, L. (2002). Ucinet for Windows: software for social network analysis (Versión 6.0). Recuperado de https://goo.gl/EFCfcX.

Clark, L. (2006). *Manual para el mapeo de redes como una herramienta de diagnóstico*. La Paz, Bolivia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Herrera, F. (2006). Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana: una aproximación teórica. *Gaceta Laboral, 12*(1), 93-119.

Kaplan, E., & Meier, P. (1958). Nonparametric estimation from incomplete observation. *Journal of American Statistical Association, 53*(282), 457-481.

Monge, M., & Hartwich, F. (2008). Análisis de redes sociales aplicando al estudio de los procesos de innovación agrícola. *Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales, 14*(2), 15-16.

Muñoz, M., Rendón, R., Aguilar, J., García, J., & Altamirano, R. (2004). *Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el Desarrollo Rural*. Michoacán, México: Fundación Produce Michoacán y Universidad Autónoma Chapingo.

North, D. (1991). Institutions. *Journal of Economic Perspectives, 5*(1), 97-112.

North, D. (1993). *Instituciones, cambio institucional y desarrollo económico*. México: Fondo de Cultura Económica.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2006). *Manual de Oslo: guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* [Versión en PDF]. Recuperado de https://goo.gl/RDzWVm.

Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations* (4th Ed.). Nueva York, EE. UU.: Free Press.

Sanz, L. (2003). *Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes*. Recuperado de http://ipp.csic.es/sites/default/files/content/workpaper/2003/dt-0307.pdf.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2009a). *La agricultura protegida, opción para aumentar la oferta de alimentos*. Recuperado de http://calderon.presidencia.gob.mx/2009/01/la-agricultura-protegida-opcion-para-aumentar-la-oferta-de-alimentos-acj/.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2009b). *Programa de ejecución directa. Agricultura protegida*. Recuperado de http://www.fifonafe.gob.mx/Site %20FIFONAFE/I. %20REGLAS %20Y %20CONVOCATORIAS/FIRCO/PROAP %202009 %20- %20CONVOCATORIA.pdf.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp.

© 2017 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria