



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

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

REDES DE INNOVACIÓN: MARCO ESTRATÉGICO PARA LA DIFUSIÓN
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA AGRICULTURA

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

PRESENTA

Julio Díaz José



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Diciembre 2013

Chapingo, Estado de México

REDES DE INNOVACIÓN: MARCO ESTRATÉGICO PARA LA DIFUSIÓN DE
NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA AGRICULTURA

Tesis realizada por **Julio Díaz José** bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN PROBLEMAS ECONÓMICO AGROINDUSTRIALES

DIRECTOR:



Dr. Roberto Rendón Medel

ASESOR:



Dr. Jorge Aguilar Ávila

ASESOR:



Dr. Manrubbio Muñoz Rodríguez

LECTOR EXTERNO:



Dr. Adolfo Álvarez Macías

Chapingo, México, diciembre de 2013

DEDICATORIA

A mi esposa Ma. del Sol y mi hijo Julio por ser motivo de inspiración, por ser pacientes conmigo y el apoyo incondicional que siempre tengo de ellos.

A mis padres Julio y Rufina y mis hermanos Maribel, Alejandra, Saúl y Oscar por el apoyo brindado a lo largo de mi vida para culminar mis estudios. Por los principios y el trabajo constante para superarse en la vida.

A mis suegros Margarito y Lucina por el apoyo y ánimo para concluir mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

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

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), por el apoyo, aprendizajes y formación de calidad para enfrentar los desafíos profesionales.

Al Instituto Internacional para la Agricultura, la Alimentación y el Desarrollo (CIIFAD) de la Universidad de Cornell, por el apoyo brindado y la experiencia de adquirir nuevos conocimientos.

Al Dr. Roberto Rendón Medel, por la confianza y apoyo para realizar esta investigación, por enseñarme que la disciplina y constancia son fundamentales en el logro de las metas de la vida, además de orientarme en una línea de investigación que promete dar frutos en el largo plazo.

Al Dr. Jorge Aguilar Ávila, por la confianza y apoyo en la culminación de mis estudios., por su ánimo de siempre ser un apoyo para la culminación de objetivos y por su amistad incondicional.

Al Dr. Manrubbio Muñoz Rodríguez por su amistad y acertados comentarios en la investigación y para llevar a la práctica la teoría.

Al Dr. Adolfo Álvarez Macías por su disposición a revisar y aportar a este trabajo de investigación.

A mis compañeros de doctorado Gabriela, Daniela, Fernando, Venancio y Carlos por su amistad y apoyo. Al grupo de Redes de Innovación por permitirme participar en el trabajo de vinculación que realiza el CIESTAAM con el sector productivo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Julio Díaz José, nació en Tecamalucan, Veracruz. Sus estudios de licenciatura los realizó en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), donde obtuvo el título de Licenciado en Comercio Internacional de Productos Agropecuarios en el año 2002. En el año 2007 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Estudios del Desarrollo Rural, en el Centro de Socioeconomía, Estadística e Informática (ISEI) del Colegio de Postgraduados. En el periodo enero a junio de 2013 fue becario visitante del Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development (CIIFAD) en la Universidad de Cornell, Estados Unidos. De enero de 2010 a diciembre de 2013, cursó sus estudios de Doctorado en el Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).

En el desempeño profesional, participó en la evaluación de programas de desarrollo agropecuario y forestal en México, así como el seguimiento y tutoría a proyectos para el Centro de Calidad para el Desarrollo Rural (CECADER). Ha trabajado como consultor en el Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA Rural), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y para el International Network and Resources Center-System of Rice Intensification (SRI-Rice). Actualmente participa en el proyecto para el análisis de redes de innovación entre el CIESTAAM y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales, dentro de los que destacan: la Sexta Conferencia de la Academia de Innovación y Emprendedores en la Universidad de Oxford, Reino Unido, el encuentro de Usuarios Avanzados de *SIENA* en la Universidad Estatal de Arizona y el SUNBELT XXXII - International Network for Social Network Analysis (INSNA), en Redondo Beach, California. Ha publicado trabajos de investigación sobre redes de innovación, el análisis de redes sociales y la propiedad social en México. Sus áreas de interés incluyen el desarrollo tecnológico en la agricultura, el análisis de sistemas agroalimentarios, análisis de redes y métodos estadísticos aplicados a la investigación.

REDES DE INNOVACIÓN: MARCO ESTRATÉGICO PARA LA DIFUSIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA AGRICULTURA

INNOVATION NETWORKS: A STRATEGIC FRAMEWORK FOR DIFFUSING NEW TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE

Julio Díaz-José¹, Roberto Rendón-Medel², Jorge Aguilar-Ávila³, Manrubbio Muñoz-Rodríguez³

RESUMEN

Este trabajo aborda el estudio del proceso de innovación desde la perspectiva de las *redes* de innovación; para ello, se presentan tres estudios, dos investigaciones empíricas (maíz y hule natural) aplicadas a la producción agrícola en México y un estudio teórico sobre la intervención y orquestación en redes. Se utiliza el análisis de redes sociales como herramienta para identificar estructura y patrones de relaciones. Los resultados indican que los productores aprenden principalmente de otros productores (mediante redes emergentes); en las redes analizadas, existen actores que concentran relaciones de poder tanto para fomentar el aprendizaje como para obstaculizar los flujos de información. La principal conclusión es que la aplicación del análisis de redes sociales ayuda a: i) identificar la *naturaleza de la innovación*, la cual define la aceptación o rechazo de una nueva tecnología en ambientes locales; ii) detectar la *estructura de relaciones* de los actores que participan en la red, así como actores a diferentes niveles que restringen o promueven el proceso de innovación; iii) definir el marco para la *intervención* en la red mediante el proceso de orquestación; y iv) analizar *redes dinámicas* en el aprendizaje de nuevas tecnologías.

Palabras Clave: Redes de Innovación, Análisis de Redes Sociales, Intervención en redes, orquestación de redes.

ABSTRACT

This work addresses the study of the innovation process from the innovation networks' perspective. To do this, three studies are presented: two empirical researches related to agricultural production in Mexico (maize and natural rubber), and another theoretical approach focusing on intervention and orchestration in networks. The Social Network Analysis is used as a tool to identify the network structure and the knowledge relationships patterns. Results indicate that producers learn mainly from other ones (through emerging networks). In the analyzed networks, there are players concentrating power relationships, to encourage learning, and to impede the flow of information. The main conclusion is that applying the network analysis helps to: i) identify the nature of innovation, which defines the acceptance or rejection of a new technology in local environments; ii) detect the relationships' structure within a network, as well as actors at different levels that are restricting or promoting the innovation process; iii) define the framework for the network intervention through the orchestration process; and iv) analyze dynamic networks in learning new technologies.

Keywords: Innovation networks, Social network analysis, Network intervention, Network orchestration.

¹ Doctorando

² Director de Tesis

³ Asesores

CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos de investigación.....	3
1.2. Preguntas de investigación.....	4
1.3. Hipótesis	4
1.4. Justificación	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	7
2.1. La innovación bajo un enfoque de red.....	7
2.2. Las redes de innovación.....	9
2.3. La difusión de innovaciones bajo un enfoque de red.....	10
2.4. El análisis de redes sociales en el estudio de la innovación.....	14
2.5. La intervención en la red bajo el concepto de orquestación	17
CAPÍTULO III. DIFUSIÓN DE INNOVACIONES EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN	19
3.1. Introducción	19
3.2. Metodología	25
3.3. Resultados.....	29
3.4. Discusión.....	34
3.5. Conclusiones.....	40
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DINÁMICO DE INNOVACIONES EN PRODUCTORES DE HULE NATURAL.....	42
4.1. La dinámica de la innovación	42
4.2. Difusión de innovaciones.....	44
4.3. Análisis de información	48
4.4. Resultados	52
4.5. Conclusiones.....	61
CAPÍTULO V. LA INTERVENCIÓN EN REDES A TRAVÉS DE LA ORQUESTACIÓN	63
5.1. Mapa de la ruta de innovación	65

5.2. Características de la red	66
5.3. Modelo de orquestación	67
5.4. Objetivos de la orquestación	68
5.5. Intervención de la red.....	70
5.6. Evaluación de la red.....	73
CAPÍTULO VI. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	76
6.1. Discusión de resultados.....	76
6.2. Alcances de investigación.....	82
6.3. Conclusiones	84
6.4. Perspectivas de investigación.....	86
VII. REFERENCIAS	88

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Definiciones básicas del análisis de redes sociales	26
Cuadro 2. Medidas de centralidad y Key Player en la difusión de innovaciones	28
Cuadro 3. Estadísticos descriptivos en la red de innovación de agricultura de conservación.....	31
Cuadro 4. Tipología y rol de fuentes internas y externas para el aprendizaje	35
Cuadro 5. Efectos de red y de covariables de actor	52
Cuadro 6. Estadísticos descriptivos de la red de innovación de hule.....	54
Cuadro 7. Parámetros estimados en modelos en evolución de redes de innovación	56
Cuadro 8. Contribución de efectos ego, alter y similitud.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tendencia del uso de innovación y redes en literatura científica agrícola	7
Figura 2. Difusión de innovaciones en red.....	13
Figura 3. Precusores y desarrollo del análisis de redes sociales.....	15
Figura 4. Construcción de un grafo a partir de una matriz para una red de relaciones directas.	16
Figura 5. Dicotomías que caracterizan las redes prescritas y emergentes en el proceso de difusión de innovaciones.....	24
Figura 6. Patrón e índice de prácticas de agricultura de conservación	29
Figura 7. Fuentes de información para el aprendizaje.	30
Figura 8. Red de agricultura de conservación en Chiapas.	32
Figura 9. Grados de entrada para diferentes actores de la red de innovación.....	55
Figura 10. Complejidad de un mapa de ruta tecnológica en una red de innovación.....	66
Figura 11. Estructuras de red que actúan como supresores y amplificadores del proceso de innovación.....	73
Figura 12. Elementos a considerar en la orquestación e intervención de redes de innovación.....	74
Figura 13. Niveles de influencia de una red de innovación en la agricultura	80

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Agricultura de Conservación
AGI	Agencias de Gestión para la Innovación
ARS	Análisis de Redes Sociales
CC	Cambio Climático
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación
CUI	Creación, Uso e Intercambio de conocimiento
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GGAVATT	Grupo Ganadero de Validación y Transferencia de Tecnología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IRSG	International Rubber Study Group
LDRS	Ley de Desarrollo Rural Sustentable
MasAgro	Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional
MDA	Mapeo Detallado de Actores
MGA	Mapeo de Grandes Actores
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PEF	Presupuesto de Egresos de la Federación
PROCAMPO	Programa de Apoyos Directos al Campo
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SIENA	Simulation Investigation for Social Network Analysis

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el año 2012 el Producto Interno Bruto (PIB) Agropecuario en México contribuyó con el 3.4% del PIB nacional, con un crecimiento a una tasa media anual de 1.6%, mientras que la economía en su conjunto lo hizo a una tasa del 2.5%; dentro del PIB agropecuario (agricultura, ganadería, forestal, pesca y caza), la agricultura contribuye con el 55%, la ganadería 36% y la silvicultura y pesca con sólo 9% (INEGI, 2012).

De acuerdo al INEGI (2012), en el país existen 4.06 millones de unidades de producción con actividad agropecuaria y se tiene una superficie sembrada de 21.9 millones de ha (11.2% del territorio nacional). Además, desde 1995 se tiene una balanza deficitaria en la producción de alimentos. Existen muchos factores que afectan o promueven el crecimiento y desempeño agrícola, pero está demostrado que uno de los elementos fundamentales es el desarrollo tecnológico.

Para la agricultura, el gobierno mexicano ha jugado un papel fundamental como institución para el fomento del desarrollo tecnológico y la administración de los recursos para la investigación e innovación en materia agrícola (art. 22 de la LDRS, 2001) estableciendo el Sistema y Servicio Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica Rural Integral. A pesar que muchos han sido los intentos y modelos por transferir tecnología al sector, de acuerdo a (INEGI 2007) de las 4.06 millones de unidades de producción agropecuaria, sólo 2.8 % reciben asistencia técnica y capacitación, sin tomar en cuenta la calidad de ésta.

Uno de los elementos a considerar es la inversión que realiza el gobierno para promover el cambio tecnológico. El gasto en bienes privados significa la mayor parte del gasto público rural (FAO, 2006), pues en el periodo 2002-2007 se destinó el 57%, mientras que para bienes públicos orientados al fomento productivo sólo fue el 5%. En el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) 2013, al PROCAMPO (transferencias directas) se le destinaron 14 mil millones de pesos más que al Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural (bien público: fomento productivo). Esto indica un marcado desequilibrio.

Además de lo anterior, de acuerdo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT (2011) el gasto nacional en ciencia y tecnología en México en el año 2011 representó sólo el 0.77% del PIB nacional, mientras que la inversión específica del gasto en ciencia y tecnología para el sector agropecuario tuvo una disminución real de 2.3% en relación con el año anterior. Esto indica que con menos recursos, se deben resolver más demandas de conocimiento e impulso a la innovación.

Uno de los principios es el ser eficientes en el gasto y eficaces en los resultados. Autores coinciden en la importancia de construir o fortalecer redes de cooperación a diferentes niveles, que permitan superar los rezagos tecnológicos, fomentar el intercambio del conocimiento y hacer frente a la creciente complejidad de los sistemas de producción agrícola (Kennel 2013; Klerkx y Proctor 2013; Reynolds *et al.* 2012). El problema radica en cómo construir esas redes de conocimiento en el mundo real, bajo las condiciones y perspectivas de los países en desarrollo, caracterizados por una compleja estructura política, económica y social.

Surge la importancia de estudiar los procesos de intercambio de conocimiento bajo diferentes enfoques y a diferentes niveles: i) la demanda a las instituciones para diseñar esquemas efectivos que promuevan la innovación en la agricultura, ii) la importancia de los centros de investigación y universidades como generadores de las necesidades tecnológicas y de investigación; iii) el papel de los que intermedian la oferta y demanda tecnológicas, y iv) los productores como gestores y generadores del conocimiento en un ambiente local.

Esta investigación propone un marco para la construcción y análisis de redes de innovación en la agricultura. Se abordan dos estudios empíricos y uno teórico, el primer estudio está relacionado con la difusión de innovaciones en agricultura de conservación, el segundo es un análisis dinámico de redes aplicado a productores de hule y el tercero una revisión teórica sobre la gestión de modelos organizacionales en redes de innovación.

A partir de los resultados obtenidos, se discuten los hallazgos, enfocados a plantear estrategias para la construcción efectiva de redes de innovación. Para ello se propone el uso del análisis de redes sociales (ARS) como una herramienta que permite identificar individuos, posiciones y estructuras, que son elementos fundamentales a considerar en el diseño, orquestación e intervención de redes.

1.1. Objetivos de investigación

- Caracterizar dos procesos de innovación agrícola en México mediante un enfoque de sistemas de innovación agrícola (SIA), que permita identificar el patrón de relaciones y flujos para el aprendizaje (estudios de hule y maíz).

- Definir la estructura de funcionamiento que tienen los involucrados en dos redes de innovación, mediante el ARS para identificar roles y posiciones que afectan el desempeño en el proceso de innovación (estudio de hule).
- Proponer un esquema de intervención para la construcción efectiva de redes de innovación, mediante el análisis de innovaciones, actores, relaciones, flujos de información e instituciones, que permita identificar aspectos restrictivos y permisivos en los procesos de planeación para el fomento a la innovación (a partir de los estudios empíricos y teórico).

1.2. Preguntas de investigación

1. ¿Cómo se dan las relaciones de aprendizaje en redes de innovación, bajo un enfoque de evolución?
2. ¿Cómo afecta la estructura de las redes (sociales, técnicas y comerciales) en el desempeño del proceso de innovación?
3. ¿Por qué es importante conocer la dinámica de innovación, la estructura de relaciones de aprendizaje y flujos de bienes y servicios para la planeación del fomento a la innovación?

1.3. Hipótesis

Ho 1. Los procesos de innovación en la agricultura se ven afectados por la insuficiente interacción efectiva entre los involucrados en la generación, intercambio y uso de conocimiento (estudio de hule).

Ho 2. El rol y posición de los actores involucrados (estructura) en el proceso de innovación, afecta el desempeño para el aprendizaje y el flujo de información, así como los recursos para el fomento del proceso de innovación (estudio de hule y maíz).

Ho 3. Para el manejo efectivo de redes de innovación se requiere analizar tres elementos de importancia: innovaciones que definen la aceptación o rechazo de una nueva tecnología en ambientes locales, innovadores como actores a diferentes niveles que restringen o promueven el proceso de innovación y, el modelo de intervención como herramienta para definir recursos y forma de orquestar de la red (estudios de maíz y hule, estudio teórico).

1.4. Justificación

Una forma de innovación está en constante crecimiento en los países en desarrollo, centrada en las estructuras y procesos requeridos para desarrollar y difundir tecnologías innovadoras (de bienes y servicios), incorporando las necesidades e intereses de los que tienen menos acceso a esas tecnologías (Foster y Heeks, 2013). Aspectos como el análisis a un nivel micro, la importancia del aprendizaje entre pares, las necesidades locales de adaptar y apropiarse del conocimiento, así como la complejidad del ambiente institucional, requieren de nuevos mecanismos para abordar el estudio del proceso de innovación que permita conocer y atender las necesidades tecnológicas.

La entrada de nuevos actores, tecnologías y fuerzas del mercado, sugiere la utilización de métodos más innovadores y menos lineales en la transformación tecnológica de los pequeños agricultores (Spielman *et al.* 2009). La perspectiva de sistemas de innovación en agricultura provee un punto de vista comprensivo de actores y factores que

determinan la innovación, y que lleva a comprender la complejidad de la innovación (Klerkx *et al.* 2012).

Desde la perspectiva del enfoque de sistemas de innovación, el proceso de innovación (generación, intercambio y uso del conocimiento) se da a partir de la interacción entre los actores que participan en un medio, y este enfoque puede ser considerado como una red (Klerkx *et al.* 2010; Spielman *et al.* 2011) donde participan productores, instituciones públicas y privadas, centros de investigación, universidades, entre otros; y en el que cada uno juega un papel importante en la configuración de las relaciones. A partir de esto, estudios sugieren la importancia de las redes de relaciones para que se dé la innovación y el aprendizaje (Foster y Rosenzweig 1995; Freeman 1995; Powell y Grodal 2004).

En México es visible el interés por desarrollar redes de conocimiento y sistemas regionales de innovación con diferentes enfoques, pero todos bajo el mismo principio: crear capacidades locales, institucionales y el desarrollo de sistemas productivos a través del conocimiento, que hagan competitivos los productores y sus productos en el contexto regional, nacional y/o internacional.

El análisis de redes de innovación constituye un elemento de importancia para conocer el desempeño de cualquier iniciativa o programa que tenga como objetivo mejorar la productividad, sanidad, calidad; así como en aspectos de la organización para la producción.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1. La innovación bajo un enfoque de red

Innovación y redes han tenido un crecimiento paralelo en la literatura científica de las últimas dos décadas. La Figura 1, muestra el crecimiento en el uso de los términos de “red” e “innovación” en 166 artículos científicos relacionados con la transferencia de tecnología, extensión y desarrollo tecnológico en la agricultura.

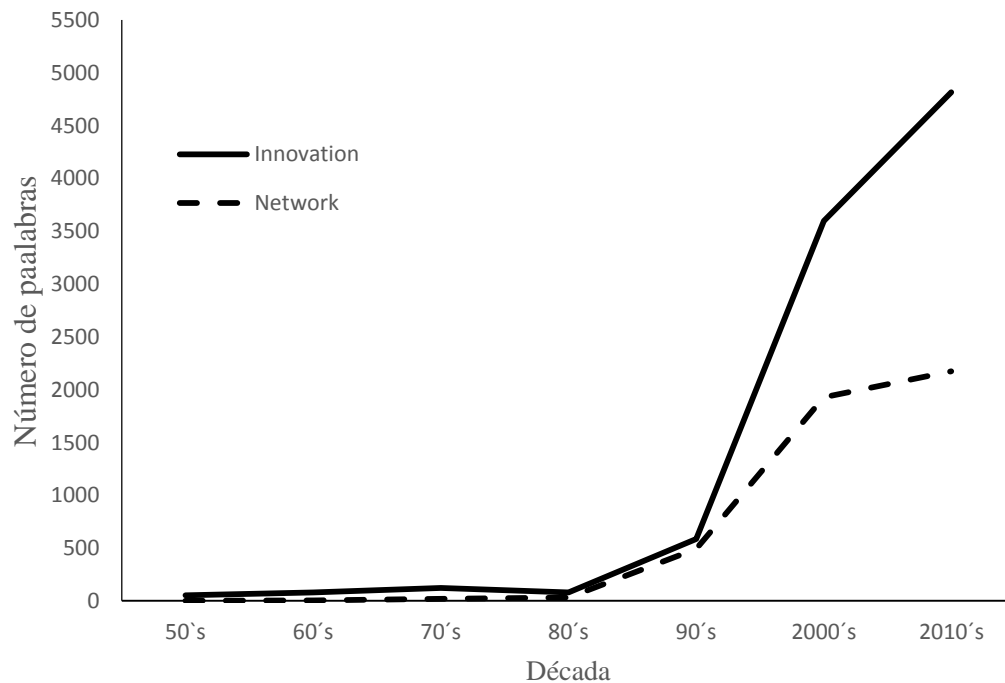


Figura 1. Tendencia del uso de innovación y redes en literatura científica agrícola

Fuente: elaboración propia con base en la web of science

Existen elementos importantes de abordar para dar un marco de referencia a las redes de innovación: la innovación misma, los sistemas de innovación y la importancia de las redes para explicar el proceso de innovación.

Autores mencionan que la innovación es parte del proceso llamado la Trilogía del Cambio Tecnológico propuesta por Joseph Schumpeter: invención (ciencia), innovación (generación y desarrollo de nuevas ideas y su primer uso) y la difusión (la dispersión de esas nuevas tecnologías a los usuarios potenciales) (Stoneman y Diederer, 1994). Por otro lado, algunos autores mencionan que la innovación es un proceso co-evolutivo de las instituciones y tecnologías que soportan y regulan la actividad económica, combina cambio tecnológico, social, económico e institucional (Freeman, 1995; Klerkx *et al.* 2012; Nelson, 2011).

Claramente existen dos enfoques que han causado confusión para entender el proceso de innovación. De acuerdo a Godin (2012) el primer enfoque (cambio tecnológico) es visto bajo un proceso de comercialización de la innovación; mientras que el segundo enfoque (innovación tecnológica) pone énfasis en el aspecto institucional, estudia la innovación de producto más que de proceso y ha dado origen al desarrollo de la teoría de la innovación tecnológica.

Cuando entra en juego el aspecto institucional y de política para definir la innovación, entonces se hace necesario involucrar aspectos que definan la importancia de la interacción entre los que conforma un sistema de innovación (Freeman, 1995). Así, un sistema de innovación puede ser definido como una red de organizaciones, empresas e individuos enfocados a llevar juntos productos, procesos y formas de organización con

un fin económico; esto en colaboración con instituciones y políticas que afectan su comportamiento y desempeño (Rajalahati, 2012).

Cuando se define a la innovación bajo un enfoque de sistema necesariamente se incluye el concepto de red. Las redes son relaciones de competencia entre individuos e instituciones. De acuerdo a Wellman (1983) éstas relaciones forman redes complejas y asimétricas (de carácter tecnológico, económico y social) que distribuyen los recursos escasos en forma diferenciada a través de estructuras colaborativas y competitivas.

2.2. Las redes de innovación

Los sistemas de producción agrícola en los países en desarrollo, se han vuelto más complejos en la medida que se incrementan las interacciones de los que participan en el proceso de producción, intercambio, comercialización y consumo de un producto o insumo. A pesar de las dificultades a que se enfrentan estos sistemas, en los últimos años se han promovido políticas de desarrollo de nuevos conocimientos para el fomento a la competitividad, y que de acuerdo a Arocena y Sutz (2012), presentan una oportunidad para el incremento en las capacidades de innovación, como vía para mejorar las condiciones de los pequeños productores agrícolas.

Resalta la importancia del trabajo en red para el éxito en el proceso de innovación, en **la** que las redes de información y colaboración externa e internas son determinantes (Freeman, 1991). Powell y Grodal (2006) mencionan que el enfoque de red, contribuye significativamente a la capacidad de innovación, al mejorar el acceso a recursos, acceder a nuevas ideas y acelerar la transferencia del conocimiento.

Una red de innovación se puede definir como la organización en red para hacer frente a un proceso de innovación sistémico, con énfasis en las relaciones cooperativas como un mecanismo clave para la configuración del proceso de innovación. De acuerdo a Ahrweiler y Keane (2013), son aquellas redes que involucran la interacción de gente, ideas y organizaciones para crear nuevas cosas, tecnológicamente factibles, productos comercialmente realizables, procesos y estructuras organizacionales a diferentes niveles.

Retomando los conceptos de innovación tecnológica y red, en este trabajo de investigación se define a una red de innovación como: las relaciones de carácter tecnológico, social y económico entre individuos e instituciones, bajo una estructura colaborativa interna y competitiva externa que permite crear nuevos productos y procesos factibles económica y ambientalmente.

2.3. La difusión de innovaciones bajo un enfoque de red

Uno de los grandes cuestionamientos en el proceso de innovación es cómo hacer llegar estos procesos a los usuarios potenciales con el objeto que sea de utilidad y genere capacidad y competencia de una región, distrito, país. La difusión de innovaciones es sin duda uno de los procesos más importantes en el desarrollo económico de los países, Silververg *et al* (1988) señalan que es uno de los aspectos fundamentales en el crecimiento de las economías contemporáneas, y en el cual, el análisis de la difusión de innovaciones se ha hecho las siguientes preguntas: ¿Por qué una nueva tecnología no es adoptada de forma instantánea por todos los adoptantes potenciales?, ¿Cómo pueden ser representadas las dinámicas de difusión?, y finalmente, ¿Cuáles son las variables relevantes que conducen el proceso?

El estudio de la difusión de innovaciones ha evolucionado en los últimos años; se puede mencionar al sociólogo francés Gabriel Tarde como el precursor en este tema, quien intentó explicar en el año de 1900, el por qué algunas innovaciones se aceptan y se extienden mientras que otras no. Para el caso de la agricultura, uno de los primeros y más importantes trabajos fue el de N. Ryan y B. Gross en 1943, quienes estudiaron la difusión de semillas híbridas de maíz en agricultores de Iowa, encontrando que existen canales de comunicación con diferentes funciones, por un lado la comunicación de masas como fuente de información original, y por otro lado las redes interpersonales que funcionaban como la influencia sobre las decisiones de los agricultores para adoptar o rechazar.

Si bien no se cuenta con un método que sea capaz de analizar todos y cada uno de los elementos que influyen en la difusión y adopción de innovaciones, existen acercamientos analíticos que tratan de entender de forma integral estos procesos. Algunos estudios se centran en las características individuales de los adoptantes como educación, ingresos o aversión al riesgo (p.g. Gerson *et al* 1985; Allub, 2001); sin embargo, algunos otros se han enfocado a entender los procesos de aprendizaje en la difusión de innovaciones y de cómo los agricultores se involucran y utilizan las fuentes de información, así como la importancia del aprendizaje de otros productores (Foster y Rosenzweig, 1995).

En años recientes se ha estudiado la difusión de innovación a través de redes. Se ha puesto énfasis en la importancia del aprendizaje social (observar y evaluar la aplicación de una nueva tecnología para después adoptarla) en la difusión de una nueva tecnología

a través de patrones de comunicación (Conley y Udry 2010); otros temas importantes, han sido la importancia de las redes sociales individuales en la adopción de nuevas variedades de semilla (Matuschke y Qaim 2009), la colaboración y rol de actores en un micro sistema de innovación bajo un enfoque de red (Hermans *et al.* 2013; Wu y Zhang 2013), cómo la interacción social influye en el comportamiento de agricultores (Monge *et al.* 2008) y cómo medir efectos de redes sociales de aprendizaje (Maertens y Barrett 2012).

La difusión de innovaciones en red se puede dar de dos formas: por transferencia y por replicación. Por *transferencia* la información sigue un camino o proceso definido (centros de investigación – extensionistas – agricultor), este enfoque está relacionado a la difusión de conocimiento explícito o codificado, congruente con la teoría de la innovación como cambio tecnológico.

Por *replicación* (secuencial y bidireccional), la difusión se da mediante senderos o flujos de información locales en los que se difunde principalmente conocimiento tácito entre agricultores, se caracteriza porque la información puede ser compartida más de una vez a un mismo actor (réplica), este enfoque se asocia más a la teoría de la innovación tecnológica (ver Figura 2).

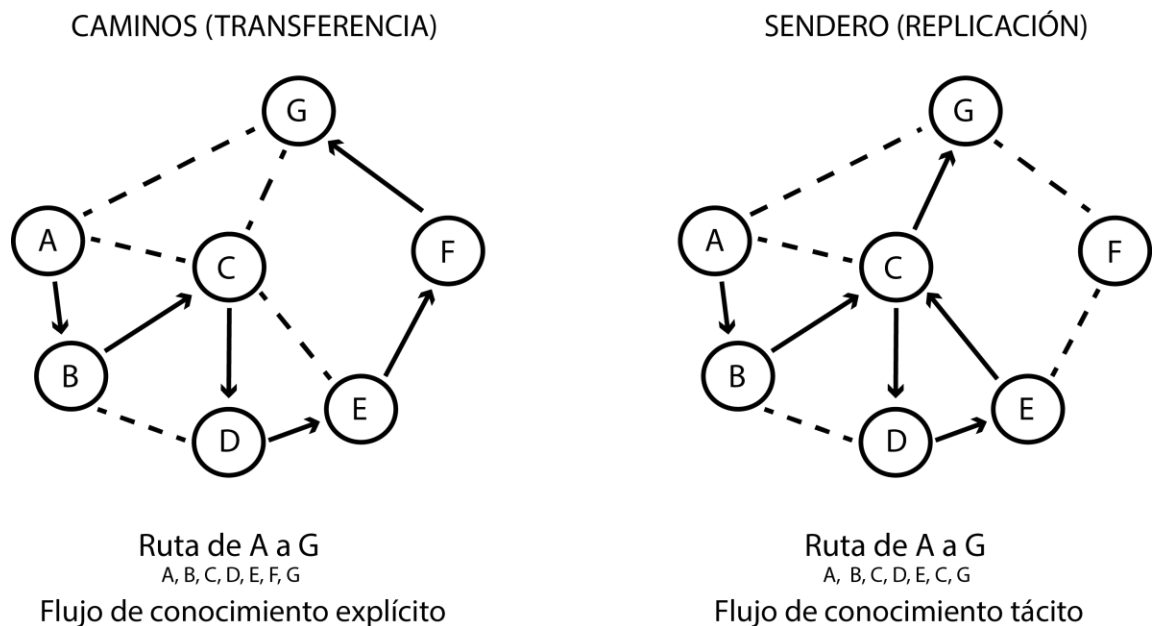


Figura 2. Difusión de innovaciones en red.

Fuente: Adaptado de Jackson y Yariv (2011), con base en Borgatti (2006).

Nota: En la transferencia, no se repiten nodos ni relaciones, mientras que en la replicación no se repiten relaciones pero si nodos.

Algunos resultados de la difusión de innovaciones con enfoque de red en productores agrícolas en México (Muñoz y Santoyo, 2010), han demostrado que la principal fuente de información o referencia son otros productores o ellos mismos, seguidos por los proveedores de insumos y finalmente por los centros de investigación; existen también brechas considerables de aprendizaje entre agricultores de una región, lo que indica la diferencia de capacidades tanto de aprendizaje como de gestión para acceder al conocimiento. Los intentos para alcanzar una masa crítica de adoptantes, se centran en identificar y reclutar líderes de opinión que difundan la innovación, así como plantear un esquema de intervención en la red bajo un enfoque de orquestación efectivo.

2.4. El análisis de redes sociales en el estudio de la innovación

El análisis de redes sociales (ARS) es una especialidad interdisciplinaria de la ciencia, se basa en la observación de que los actores sociales son independientes y que los vínculos entre ellos tienen consecuencias importantes para cada individuo (Freeman, 2004), se trata de una técnica matemática para analizar relaciones entre actores y los patrones e implicaciones de esas relaciones (Wasserman y Faust 1994) dentro de una estructura social.

Existen diferencias en cuanto al origen del ARS, algunos mencionan las raíces en Kurt Lewin, con su teoría topológica de la personalidad en 1936 (Wasserman *et al*, 2005), otros el trabajo y concepto de sociometría de Jacob Moreno en 1934 (Freeman, 2004), y otros más, mencionan al matemático Leonhard Euler, en la resolución del problema de los siete puentes de Königsberg en 1736 (Barabási, 2003).

El ARS es el resultado de una combinación de diferentes campos del conocimiento y aplicaciones dentro de las que destacan la sociología, antropología, psicología, matemáticas, estadística y de forma reciente los modelos computacionales de redes que han revolucionado los métodos de análisis y visualización (Figura 3). Si bien las aplicaciones del análisis de redes sociales se originan del estudio de las ciencias sociales, en la actualidad se han derivado otras aplicaciones como las ciencias naturales, la economía, los negocios o la informática, por citar algunas.

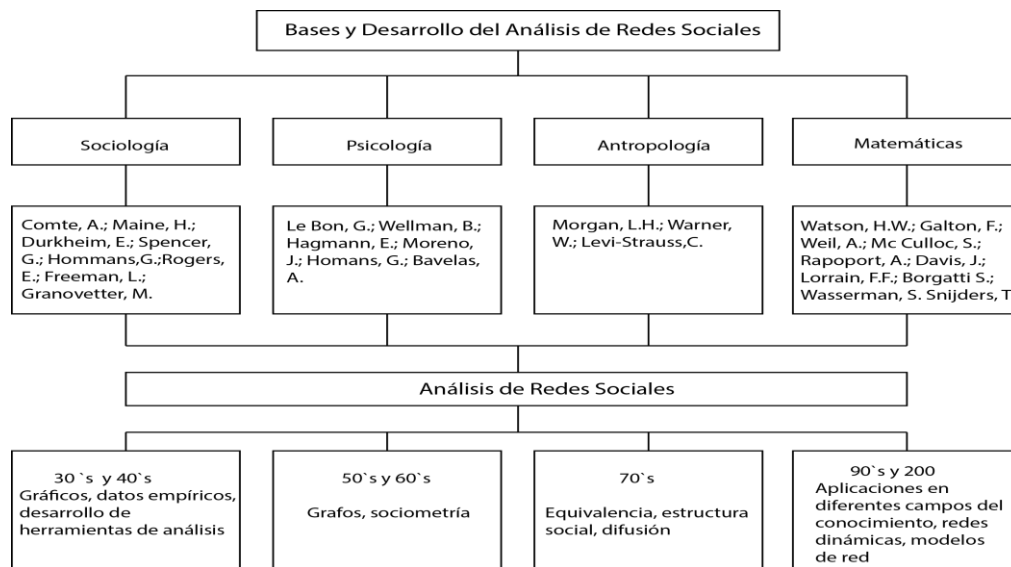


Figura 3. Precursores y desarrollo del análisis de redes sociales.

Fuente: elaboración con base en Freeman (2004).

El análisis de redes sociales se considera como una herramienta de utilidad para estudiar los procesos de difusión de la innovación en la agricultura, dada la combinación de diferentes disciplinas y herramientas que permiten visualizar con mayor alcance los diferentes actores involucrados, llevando a proponer y mejorar esos procesos. En los últimos años se ha incrementado el interés de las redes y el intercambio de conocimientos en los procesos de innovación. Autores como Spielman, *et al.* (2009) sugieren una serie de métodos y herramientas como el Análisis de Redes Sociales (ARS) para entender cómo los agentes interactúan en la producción, intercambio y uso del conocimiento e información.

Para el ARS el concepto de estructura es de suma importancia. Borgatti *et al.* (2009) mencionan que la investigación social tradicional explicó las características o resultados del comportamiento de un individuo a partir de otras características del mismo individuo

(ejemplo: ingreso como resultado de mayor educación). Los investigadores de redes sociales analizan el ambiente en el que se desenvuelven esos individuos para dar una explicación de sus resultados o comportamiento (ejemplo, aprendo una tecnología que le da resultado a una persona con la que interactúo).

De acuerdo a Jackson (2011), una red es representada como un grafo en un conjunto de nodos N , con un número finito de miembros n . Los nodos son en ocasiones referidos como vértices, agentes, actores o jugadores. Así, una red o grafo es un par (N, g) donde g es un matriz adjunta $n \times n$ del conjunto de nodos donde g_{ij} indica una relación entre los nodos i y j . $g_{ij} \in \{0,1\}$, por tanto, una relación está presente si $(g_{ij} = 1)$ y estará ausente si $(g_{ij} = 0)$ (Figura 4).

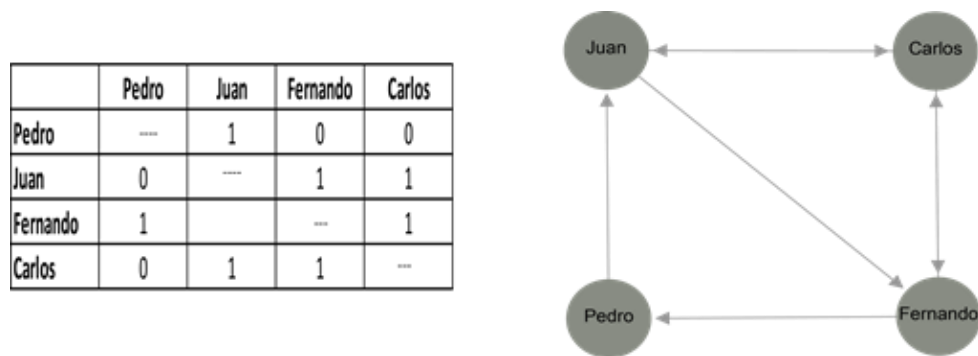


Figura 4. Construcción de un grafo a partir de una matriz para una red de relaciones directas.

Fuente: elaboración propia. Los nodos representan personas y las líneas representan relaciones de intercambio de conocimiento, bienes, servicios, entre otros.

A partir de la construcción de relaciones con matrices y grafos, utilizando métodos de análisis estadístico para el cálculo de indicadores, se analizan los datos para: i) encontrar las fuentes de información o actores clave en el proceso de difusión, ii) detectar la

estructura de relaciones y el intercambio de bienes y servicios en una red de innovación o sistema de innovación local, iii) explicar cómo los productores establecen, mantienen o suprimen relaciones para incrementar su utilidad económica y iv) definir un plan para intervenir en la red y mejorar los resultados de los servicios de extensión. Por ejemplo, Hall (2012) menciona que los centros de investigación públicos necesitan fuertes lazos con un sector amplio de jugadores clave desde los sectores público y privados y estos a su vez con los agricultores.

2.5. La intervención en la red bajo el concepto de orquestación

Mucha de la investigación en redes organizacionales puede ser caracterizada en dos grandes campos: el enfoque analítico y el enfoque de red como gobernanza (Provan y Kenis 2008), el primero se enfoca al análisis a nivel micro, con redes egocéntricas y con base en el actor, mientras que el segundo se refiere a cómo funciona la red en general, tratando a la red como unidad de análisis. En este estudio, se considera que ambos enfoques (analítico y de gobernanza) son importantes para manejar con éxito una red de innovación.

Con base en el párrafo anterior, el análisis que detecta nodos o actores estratégicos en la red de innovación, se debe complementar con un plan de intervención que permita un esquema dinámico y eficiente del proceso de innovación. El término intervención de la red (*network intervention*) describe el proceso de usar los datos del análisis de redes sociales para acelerar el cambio en el comportamiento o mejorar el desempeño organizacional (Valente, 2012), así la intervención depende de las metas y objetivos que se persigan.

Se deberán elegir los métodos y vías correctas para realizar esa intervención (ejemplo: el tipo de formación que requieren los involucrados, el tipo de campañas de promoción que necesita una iniciativa), y no usar la red como una forma deliberada para intervenir, sino también, como una forma de aprender de la comunidad a la que se dirige y a partir de este aprendizaje, proveerle de las necesidades de forma adecuada.

Como mencionan Wu y Zhang (2013), la construcción de una red puede ser fragmentada hacia abajo con varios niveles y en diferentes escalas, velocidades y consecuencias: redes informales entre agricultores, de productores líderes, y aquellas promovidas por el gobierno; el éxito de éstas redes, dependen de la construcción y mejora de procesos de colaboración. Dada la diversidad de actores, roles y creencias en un sistema, se requiere de mecanismos que permitan alinear estrategias hacia un mismo fin. El cuestionamiento es cómo alinear esas estrategias y quién debe hacerlo. Raab *et al.* (2013) mencionan que la estructura de la red (integración), el contexto (munificencia y estabilidad), y la gobernanza de la red, están asociados a la efectividad de la misma.

Autores como Dhanasai and Parkhe (2006) abordan la necesidad de dar dirección al sistema a través del concepto de orquestación que garantice la movilidad del conocimiento, apropiación del proceso de innovación y la estabilidad de la red. Así (Batterink *et al.* 2010; Klerkx y Aarts, 2013; Provan y Kenis, 2008) mencionan que existen tres modalidades básicas de orquestación: 1) gobernanza participativa; 2) organización líder o Hub y 3) organismo independiente; los autores mencionan que las redes grandes y complejas se pueden beneficiar del modelo intermediario central de la red (organización líder/hub u organismo independiente).

CAPÍTULO III. DIFUSIÓN DE INNOVACIONES EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

En este capítulo se aborda el análisis de la difusión de innovación en la agricultura de conservación, en la que se propone considerar vías para transferir información y compartir el conocimiento

3.1. Introducción

Las tendencias del crecimiento poblacional sugieren que la inseguridad alimentaria presentará un incremento bajo escenarios de cambio climático (CC) (Reynolds *et al.* 2012). Los más directos y profundos impactos del CC en las próximas décadas serán en la agricultura, y la pérdida o ganancia en la producción de alimentos dependerá de la respuesta de agricultores, investigadores, extensionistas y todos aquellos involucrados en la producción de alimentos (Brown y Funk, 2008, Lobell y Burke, 2010). Para enfrentar esos problemas, es clara la necesidad de integrar redes que se enfoquen en regiones y problemas específicos, creando canales de comunicación para compartir conocimiento, información y prácticas entre los actores involucrados a diferentes niveles de participación (Kennel, 2013).

Una alternativa para enfrentar problemas relacionados con CC en la producción agrícola es la Agricultura de Conservación (AC). De acuerdo a Hobbs *et al.* (2008) AC está basada en tres principios principales: i) perturbación mínima del suelo (labranza

mínima); ii) cobertura permanente del suelo (cobertura con residuos) para proteger el suelo contra las condiciones climáticas adversas o erosión hídrica, y iii) rotación de cultivos enfocado a proteger el cultivo contra malezas, plagas y enfermedades. De acuerdo con la FAO (<http://www.fao.org/ag/ca/>), la AC ayuda a lograr una agricultura más rentable y sustentable en comparación con la agricultura convencional, y provee de medios de vida al productor a través de la aplicación de los principios que la caracterizan. En algunos casos se requiere de maquinaria o implementos especiales para adoptar prácticas de labranza mínima o la preparación del suelo. Se requiere de herramientas a los tres niveles de uso (manual, tracción animal y equipo motorizado) que deben ser adaptados a las condiciones locales. AC puede ser complementada con otras prácticas enfocadas a mejorar rendimientos, aquellas como el uso de semillas mejoradas, manejo de fertilidad de suelos y métodos integrados de manejo de plagas y malezas.

Sin embargo, la difusión de prácticas de AC es limitada en pequeños agricultores de países del trópico (Scopel *et al.* 2013). De acuerdo a Friedrich y Kassam (2009), los productores en los países donde AC no se practica, enfrentan problemas de carácter tecnológico, social e intelectual que limitan la adopción tecnológica. La dispersión de los principios de AC depende entonces de estrategias que ayuden a difundir y adaptar los principios a situaciones y conocimientos locales.

El proceso de difusión puede ser visto como una red, donde individuos e instituciones juegan diferentes roles como conductos clave de información y potenciales catalizadores en el proceso de difusión de innovaciones (Jackson and Jariv, 2011). Por tanto, entender

el proceso de difusión a través de redes puede ayudar a cerrar la brecha de las necesidades de investigación y solución de problemas en agricultura, que lleven a la seguridad alimentaria bajo escenarios de CC.

En años recientes se ha estudiado la difusión de innovación a través de redes y desde diferentes perspectivas y enfoques de análisis (Wejnert, 2002) y usando diferentes modelos (Burt 1987; Valente, 1996). En el sector agrícola existen algunos ejemplos de aplicaciones teóricas y empíricas (Conley y Udry 2001; Maertens y Barrett 2012; Matuschke y Qaim 2009; Monge *et al.* 2008, Spielman *et al.* 2011; Hermans *et al.*, 2013) en las que todos los autores coinciden en la importancia de las redes para la difusión de innovaciones. Por ello, es necesario estudiar la difusión de innovaciones a través de redes cuando se adaptan sistemas de AC a condiciones locales (Thierfelder y Wall, 2011).

Sin embargo, Strang y Meyer (1993) mencionan que la difusión se construye desde dos perspectivas: i) la difusión hacia una población como es la introducción de una innovación, y ii) la difusión en una población como el contagio, la influencia social o el aprendizaje social. Por ejemplo, un productor que escucha acerca de una nueva práctica de AC desde un centro de investigación y habla acerca de ésta a sus vecinos. Esto es claramente un ejemplo de ambas fuentes de información, externa e interna. En este estudio, los recursos externos de información son definidos como los centros de investigación, las universidades, el gobierno, productores de otras regiones y otras actividades productivas y el servicio de extensión, mientras que los recursos internos son definidos como otros productores (familiares, vecinos o amigos).

Los recursos externos juegan diferentes roles como: i) articular un dialogo entre usuarios y generadores de una innovación a través de la facilitación del conocimiento, y ii) intermediario en la red, para organizar una plataforma de encuentro o ayudar en la provisión de subsidios públicos para la promoción de actividades, o iii) manejo del proceso de innovación, el cuál es un método para mantener la estabilidad y coordinación de la red para promover el cambio tecnológico (Klerkx *et al.*, 2013; Klerkx y Leeuwis, 2008; Howells, 2006).

Por otro lado, existen características clave en los recursos internos y el rol que ellos juegan: i) prestigio, el cual, de acuerdo a Iyengar *et al.*,(2011) personas que han sido regularmente nominadas por sus pares como alguien a quien acudir como fuente de información; será seguro que en realidad sean verdaderas fuentes de información o influencia en el proceso de difusión; ii) proximidad espacial, la cual se refiere a que los nuevos adoptantes se encuentran regularmente cerca de personas quienes han adoptado una innovación (Nyblom *et al.*, 2003, Rogers, 1995); y iii) relaciones débiles, un concepto propuesto por Granovetter (1973), quien argumenta que los individuos o grupos con relaciones fuertes entre ellos comparten regularmente la misma información, mientras que las relaciones débiles que vienen desde afuera o de otros grupos proveen de nueva información a la red.

Adicionalmente, desde la perspectiva de red las relaciones pueden ser diferenciadas en la base de una estructura vertical (impuesta o formal) y una estructura horizontal (relaciones interdependientes) (Hadjikhani y Thilenius, 2005). En relación a recursos y perspectivas externas/verticales e internas/horizontales, existen también diferentes

formas de conocimiento e innovación. Por un lado el conocimiento explícito que refiere a conocimiento reciente o poco frecuente donde el usuario es consciente de sus particularidades; y el conocimiento tácito que es creado a través de la experiencia individual donde el usuario no es consciente de sus particularidades (Chilton y Bloodgood, 2008).

De acuerdo a Jensen *et al.*, (2007), existen dos modos de innovación: i) Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) basado en la producción y uso de conocimiento explícito a través de un proceso formal; y ii) Creación, uso e intercambio (CUI) que surge en un proceso informal de aprendizaje basado en el conocimiento tácito o *know-how*. Estos autores argumentan que la combinación de ambos modos de innovación lleva a mejorar las capacidades de innovación.

Finalmente, la difusión de innovación tiene dos principales factores relacionados: i) innovaciones, como el uso creativo de varias formas de conocimiento en respuesta a demandas sociales o económicas (OECD, 1999); y ii) innovadores, quienes influyen en la probabilidad de adopción de una innovación (Wejnert, 2002). Para clarificar, la Figura 5 muestra las múltiples dicotomías que influyen en el proceso de difusión de innovaciones.

De las dicotomías antes mencionadas, dos estructuras de redes pueden distinguirse: i) las redes prescritas que consisten en relaciones formalmente especificadas entre superiores y subordinados y ii) las redes emergentes que contiene patrones informales de interacción, en el cuál individuos tienen un particular interés (Ibarra, 1992). Los

integrantes de la red juegan diferentes roles y la dispersión del conocimiento toma diferentes trayectorias en esos dos sistemas.

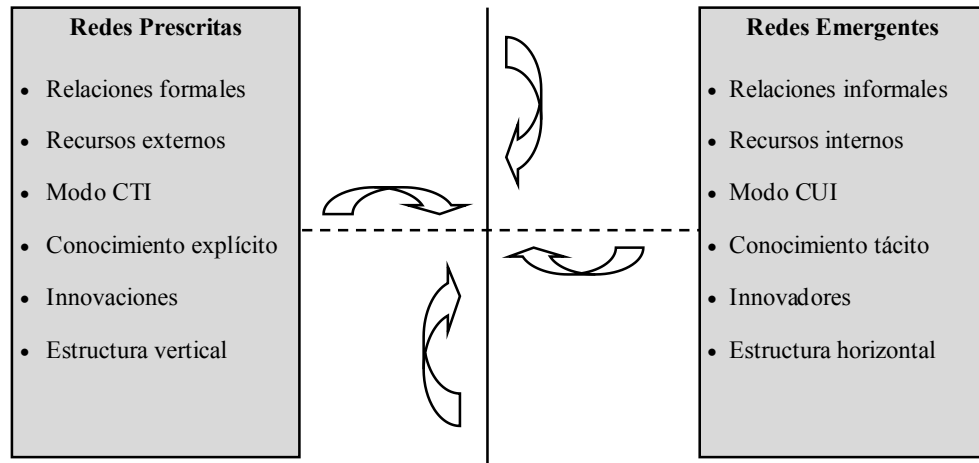


Figura 5. Dicotomías que caracterizan las redes prescritas y emergentes en el proceso de difusión de innovaciones.

Fuente: elaboración propia con base en la discusión teórica

A pesar de las diversas definiciones de una red, en este estudio usamos la definición del enfoque de sistemas de innovación, en el cual una red es donde los actores de la innovación (individuos u organizaciones) interactúan y tienen conexiones de algún tipo (Spielman *et al.*, 2011). Por tanto, para este estudio las redes de innovación en AC son individuos e instituciones involucradas en el desarrollo, dispersión y uso de conocimiento, como una forma de conducir el proceso de difusión a través de redes prescritas y emergentes. Para el análisis de este proceso, Spielman *et al.*, (2009) sugieren una serie de métodos y herramientas como el ARS para entender como los agentes interactúan en el proceso del cambio tecnológico.

La investigación que aquí se reporta, es una contribución para el análisis de la difusión de innovaciones en AC a través de un enfoque de red, en el que se plantean dos

preguntas centrales: 1) ¿Qué tecnologías de AC practican los productores y de quién las aprenden? y 2) ¿Quiénes son innovadores clave en la red y qué rol juegan en la difusión de tecnologías de AC?

Se utilizó información de productores de maíz involucrados en la iniciativa de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro) para analizar innovaciones e innovadores a través de un enfoque de red. Este análisis inicia por describir las tecnologías que aplican los productores y la fuente de conocimiento relacionados con esas tecnologías. Después, se identifican a los actores clave y el rol que ellos juegan en la red para mejorar el proceso de difusión. Se realiza una discusión combinando las dicotomías teóricas en la difusión de innovaciones con recomendaciones de cómo construir redes bajo un escenario real. El artículo concluye subrayando la necesidad de construir redes que se enfoquen en tecnologías de AC como una estrategia alternativa para mitigar los efectos del CC en la agricultura.

3.2. Metodología

Colecta de datos

La colecta de datos se realizó en el estado de Chiapas, México, donde se aplicó una encuesta a 545 productores de maíz. Esta información se complementó con 15 entrevistas semi-estructuradas con actores clave de la red, seis reuniones con centros de investigación y organizaciones de productores, así como el método de observación participante. Los datos de la red fueron colectados usando un enfoque ego-céntrico, es decir capturar información directa de los involucrados, lo cual es una forma ideal de

estudiar los efectos locales en redes sociales de individuos (Wejnert, 2010). Debido a que el análisis de redes tiene definiciones particulares, éstas se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Definiciones básicas del análisis de redes sociales

Elemento	Concepto
Red/Grafo	Un grafo o red es un par (N, g) , donde g es una matriz adjunta $n \times n$ del conjunto de nodos y g_{ij} indica una relación entre i y j . Una representación gráfica presenta puntos para representar nodos (individuos o instituciones) y líneas para representar relaciones o lazos (relaciones de aprendizaje).
Nodo	Los nodos son también referidos como vértices, agentes, actores o jugadores de la red. Cualquier productor, extensionistas, investigador, entre otros.
Ego	Es el nodo de interés en una red (productores de maíz para promover AC).
Alter	Nodo que es conectado desde un ego (individuo u organización conectada a un productor)
Lazo	La relación que existe entre un ego y un alter. Una relación entre dos nodos i y j . los lazos son también conocidos como links o simplemente relaciones. Los lazos de conocimiento acerca de tecnologías de AC.
Grado	Número de lazos de conocimiento que tiene un nodo hacia o desde otros nodos. Grado de un nodo i en una red (N, g) es el número de vecinos que i tiene en la red, así que $d_i(g) = N_i(g) $.
Camino	Es la ruta en la que cada nodo y lazo son usados una sola vez.
Distancia geodésica	Camino más corto conectando dos nodos (individuos o instituciones).
Grafo directo	Un grafo es directo si g es requerido a ser asimétrico, es decir $g_{ij} \neq g_{ji}$, y es indirecto en caso contrario. En grafos directos las relaciones unidireccionales son importantes. En este caso ¿de quién aprenden los productores?
Densidad	La densidad representa la proporción de posibles relaciones en una red que están actualmente presentes. En un grafo directo la densidad = $1/g(g-1)$ donde el número total de relaciones posibles es igual al número total de pares de nodos.
Centralización	Es indicador de red que mide la diferencia en centralidad entre el nodo más central y el resto de nodos.
Transitividad	Cuando existe una relación de i a j , y también de j a h , entonces existe también una relación de i a h . De otra forma, los amigos de mis amigos son mis amigos.

Fuente: Borgatti (2005); Hanneman y Riddle (2005); Jackson y Yariv (2011).

Para obtener información de las relaciones de aprendizaje entre productores que practican principios de AC, se pidió a cada agricultor mencionar las tecnologías de AC que está aplicando y de quién o quiénes aprendió esas tecnologías. Un cuestionario fue aplicado usando el muestreo en bola de nieve para seleccionar a los participantes (Wasserman and Faust, 1994). Se considera que este tipo de muestreo tiene ventajas, ya que captura las propiedades de la red (Maertens y Barrett, 2012) y se ahorran recursos en grandes redes como es el caso de este estudio. La desventaja de este tipo de muestreo es que puede dejar fuera actores específicos si ellos no están bien conectados o si la muestra no incluye una muestra grande de la red (Scott, 2000; Ekboir *et al.*, 2006).

Análisis de datos

Las medidas de centralidad han sido uno de los métodos más usados en ARS para encontrar actores clave. La centralidad de un nodo captura la actividad de comunicación y quién controla esa comunicación en la red, asimismo identifica quién ocupa posiciones críticas en la red (Freeman, 1978; Valente *et al.* 2008). Sin embargo, Borgatti (2005) propone las medidas de Key Player, las cuáles seleccionan un pequeño conjunto de miembros de una población para usarse como semillas para el proceso de difusión de esas prácticas (www.analytictech.com/). Este estudio aplicó algunos de los principios de las medidas de centralidad y Key Player para detectar la actividad en comunicación y el control en la red (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medidas de centralidad y Key Player en la difusión de innovaciones

Medida	Descripción*	Utilidad
Intermediación	Medida que identifica nodos con los caminos más transitados en la red. Un nodo es central si se encuentra entre otros nodos y conecta el camino entre estos.	Encuentra nodos que actúan como puentes o conectores de la información.
Apalancamiento	Medida que evalúan el grado de centralidad de un nodo con respecto al grado de sus vecinos inmediatos con los cuáles el interactúa. Un nodo es localmente importante tanto como él se relacione con nodos que tengan un alto grado de relaciones.	Identifica nodos locales importantes para diseminar información. En este estudio son productores quienes son referidos por otros productores como un recurso de aprendizaje.
Centralidad Alpha	Medida que evalúa los nodos conectados a muchos otros nodos, los cuales a su vez tienen más conexiones.	Identifica nodos que reciben muchas menciones desde otros nodos y por tanto son más importantes como fuentes de información para el aprendizaje. En este estudio, esta medida captura solo recursos externos de información (gobierno, centros de investigación, universidades, proveedores de insumos y servicios).
Colector	Medida que localiza nodos clave que reciben relaciones de aprendizaje desde otros nodos.	Identifica nodos clave que son conectados en la red y que pueden ser usados como semillas para la difusión de tecnologías de AC.
Difusor	Medida que localiza nodos clave que envían relaciones de aprendizaje a otros nodos.	Identifica nodos clave colectando información.

Fuente: Wasserman y Faust (1994); Joyce *et al.*, (2010); Borgatti (2006); Bonacich y Lloyd (2001).

El análisis de los patrones de adopción se realizó con el procedimiento “ggplot”. Para el análisis estadístico (cálculo de medidas de centralidad) de la red se utilizó el programa

R, con las extensiones “sna” (Butts, 2010) y "igraph" (Csardi y Nepusz 2012). El software “key player” (Borgatti, 2005) se utilizó para identificar nodos colectores y difusores.

3.3. Resultados

Adopción de innovaciones y fuentes de información

La Figura (6a) muestra el patrón de adopciones de ocho prácticas de Agricultura de Conservación, en las cuáles 21.5% de los productores adopta de cinco a siete prácticas, 69.2% entre dos y cuatro, y 9.4% una o ninguna. La Figura (6b) indica el índice de adopción de esas prácticas, en las cuáles el manejo de plagas, la siembra de semillas de calidad y la práctica de labranza mínima son las que más adoptan los productores, esto puede ser debido a que buscan reducir costos de mano de obra, con semillas mejoradas se incrementan rendimiento y mediante labranza mínima se mejora la fertilidad de suelo.

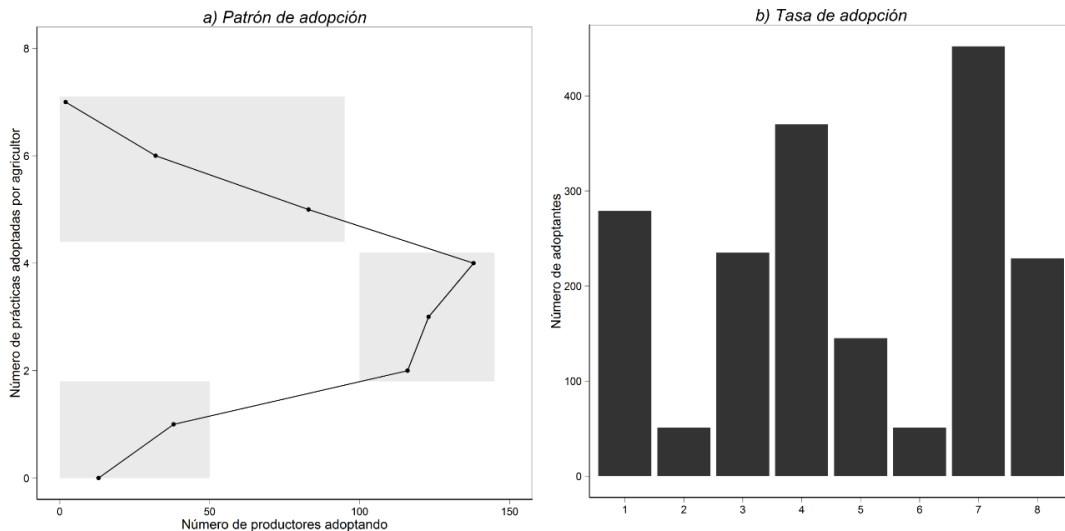


Figura 6. Patrón e índice de prácticas de agricultura de conservación

Fuente: elaboración propia con base en información de campo

Nota: *1. Labranza mínima, 2. Maquinaria, 3. Cobertura de suelo con cultivos, 4. Semilla mejorada, 5. Rotación de cultivos, 6. Biofertilizantes, 7. Control de malezas 8. Control de plagas.

Los principios de AC como la cobertura con cultivos anteriores y la rotación de cultivos son aplicados de forma parcial. Este estudio encontró que 52% de los productores renta la maquinaria que ocupa para trabajar y 42.6% no tiene accesos a ningún tipo de equipo especializado.

En relación a la fuente de información para el aprendizaje de prácticas de AC, los resultados indican que los productores aprenden principalmente de otros productores, y que la importancia de fuentes de información difiere de acuerdo al tipo de práctica (Figura 7).

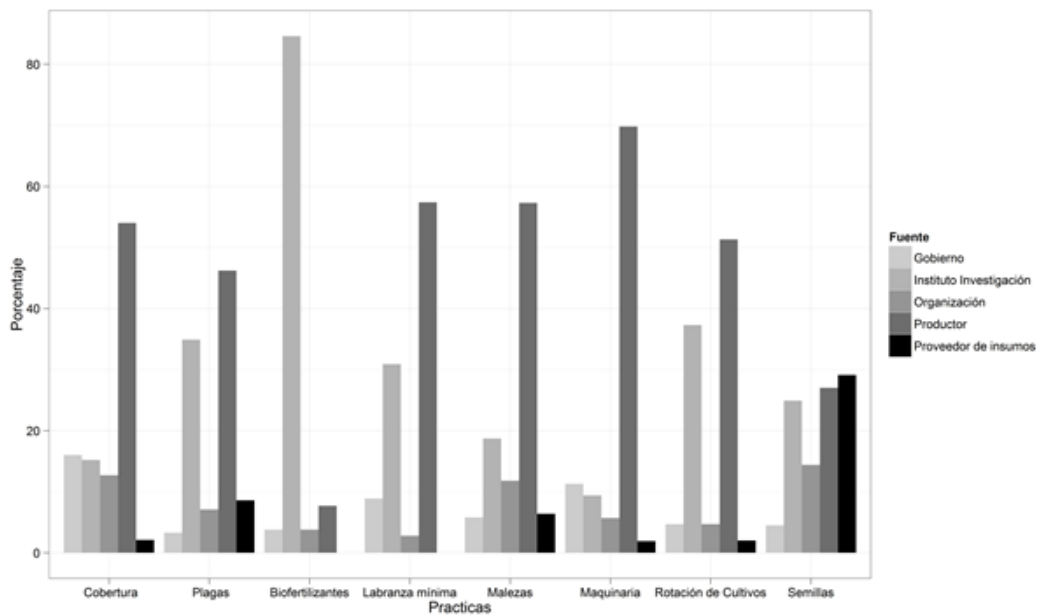


Figura 7. Fuentes de información para el aprendizaje.

Fuente: elaboración propia con base en información de campo

Actores clave en la difusión de innovaciones

El Cuadro 3 reporta los estadísticos descriptivos en la red de AC. La densidad describe la conectividad general en la red, y se considera baja para este estudio. La centralización cercana al 20% indica un alto grado de dominio de algunos actores o nodos en las relaciones de aprendizaje. La transitividad (como proporción) indica la presencia de relaciones fuertes en la red.

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos en la red de innovación de agricultura de conservación.

Concepto	Índices	Media	Desviación estándar
<i>Densidad</i>	0.003		
<i>Centralización</i>	0.191		
<i>Transitividad</i>	0.470		
<i>Log(transitividad/densidad)</i>	5.14		
Medidas de Centralidad y Key Player			
<i>Centralidad Alfa</i>	-	2.809	4.228
<i>Apalancamiento</i>	-	-0.031	0.200
<i>Intermediación</i>	-	0.076	0.511
<i>Fuente</i>	-	0.146	0.221
<i>Difusor</i>	-	0.146	0.202

Fuente: elaboración propia con base en información de campo

Mediante el indicador centralidad alpha, se detectaron instituciones y actores de importancia en la red, el análisis estadístico fue complementado con datos obtenidos mediante observación participante. A nivel de productores, se detectaron actores clave y centrales en la red de innovación, mediante el uso de las medidas de centralidad.

La visualización de la red da un panorama general de las relaciones en el proceso de difusión de innovación. La Figura 8 indica la presencia de configuraciones en forma de estrella, en la cuales los actores concentran relaciones de aprendizaje de otros actores.

Esto indica que ciertos actores en la red, controlan la actividad de intercambio de conocimientos e información.

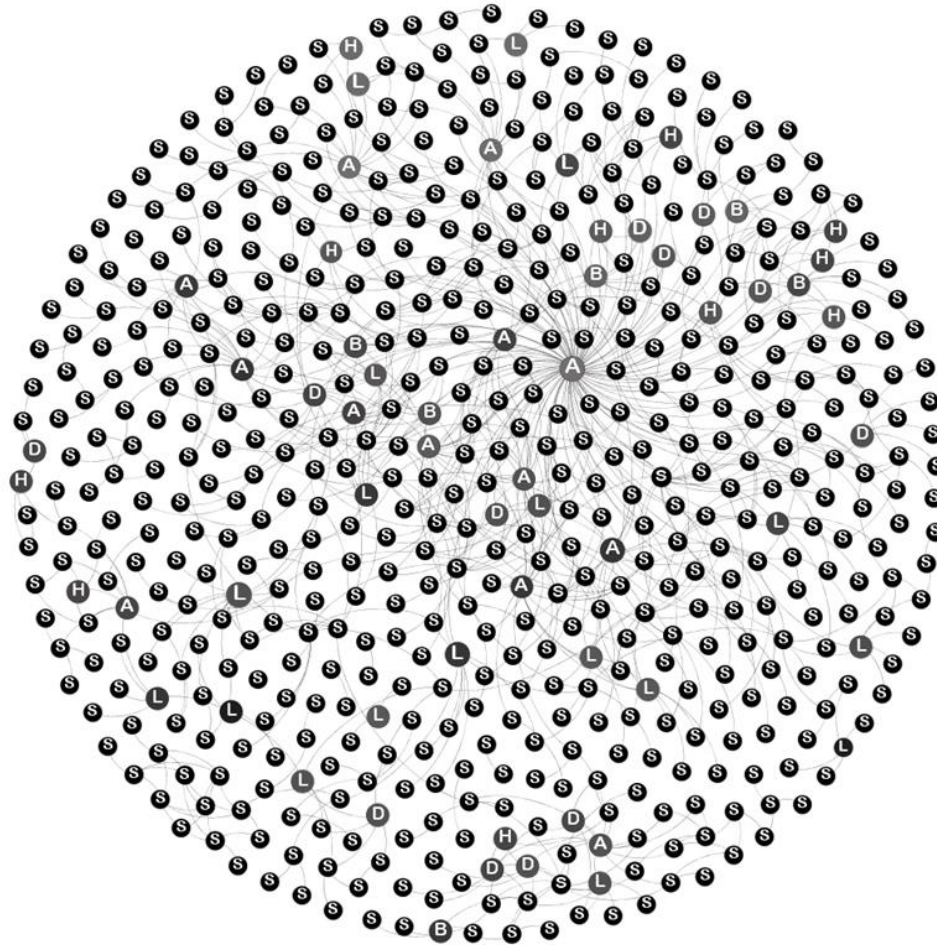


Figura 8. Red de agricultura de conservación en Chiapas.

Fuente: elaboración propia con base en información e campo.

Nota: Las etiquetas de los vértices corresponden a actores de la red con los índices más altos de medidas de centralidad y Key player. Centralidad alfa (A), Apalancamiento (L), Intermediación (B), Fuente (H), Difusores (D), Otros involucrados (S).

La presencia de actores clave en el centro de la configuración en forma de estrella es de importancia, pues la información que ellos comparten y el rol que juegan influyen en la

probabilidad de adopción de la innovación. Este estudio realizó una selección de actores clave mediante el uso del ARS, como un conjunto de miembros de la red que pueden funcionar como campeones en el proceso de innovación, o semillas para la difusión de prácticas de AC. A partir de estos resultados, los actores fueron clasificados en la siguiente sección.

Rol de actores clave en la difusión de innovaciones

A partir de los resultados del ARS, se presenta una tipología de actores clave en el Cuadro 4. En las fuentes de información internas y externas de aprendizaje, se identificaron actores de diferentes tipos. Los recursos externos de conocimiento e información son los instrumentos sistémicos para el soporte a la investigación, los cuáles juegan diversos roles como: diseño de estrategias de política, proveen innovaciones y generan los mapas de ruta tecnológica, entre otras funciones.

En el nivel de intermediación se encuentran los consultores públicos y privados para la innovación. A su vez los consultores públicos se dividen en dos tipos: (i) consultores públicos que trabajan con productores individuales y que están vinculados a los instrumentos sistémicos para la innovación (centros de investigación, universidades, gobierno); y (ii) consultores públicos que trabajan con productores organizados, usando recursos públicos. En este nivel también se encuentran los consultores privados, enfocados a comercializar sus productos y asociados a empresas privadas.

Vayamos ahora a los tres tipos de recursos internos para el aprendizaje: (i) el primero son las bases locales para la innovación, productores que funcionan como campeones de la innovación a través del prestigio y se consideran líderes de opinión a nivel local; (ii)

el segundo son los gestores de pares, estos agricultores funcionan como puentes entre sus compañeros y también se relacionan a otros niveles de la red, haciendo las funciones de relaciones débiles para proveer de nueva información al sistema; y (iii) finalmente se encuentran los colectores de información, que buscan información y se benefician de la proximidad que tienen con las bases locales para la innovación para aprender de ellos y compartir los conocimientos.

A partir de estos elementos se pueden distinguir dos estructuras en la red: (i) las *redes prescritas*, en las cuáles existen relaciones de aprendizaje entre superiores y subordinados de una forma jerárquica, caracterizadas por el dominio de relaciones formales, recursos externos de información, con énfasis en el conocimiento explícito e innovaciones como elementos clave; y (ii) las *redes emergentes*, donde las relaciones entre pares son más igualitarias, caracterizadas por el dominio de relaciones informales entre los agricultores, donde predominan los recursos internos de información y aprendizaje, con énfasis en el conocimiento tácito e innovadores como elementos clave para dispersar la información y el conocimiento.

3.4. Discusión

Abordando tres preguntas, en esta sección se discuten los principales resultados encontrados en la red de AC. Primero se abordan los resultados relacionados a las prácticas de AC. Segundo, se resalta la importancia del análisis de redes sociales en el estudio de la difusión de innovaciones. Tercero, refiere al rol de los actores clave para integrar redes en la agricultura.

Cuadro 4. Tipología y rol de fuentes internas y externas para el aprendizaje

Componentes	Nivel de influencia	Tipo de actor	Indicador de red	Rol	Observaciones	Involucrados
Difusión hacia la población	Política y soporte a la innovación	1. Actores sistémicos de soporte a la innovación.	Centralidad alpha	a) Gestión y manejo del proceso de innovación	Cataliza la innovación. Promueve trabajo en red, provee infraestructura.	Gobierno, Centros de investigación nacionales e internacionales, universidades
				b) Articulación de la demanda	Reuniones de plataforma, intercambio de conocimiento.	Centros de investigación, Universidades
Fuentes externas	Intermediación	2. Consultores públicos (atención a productores individuales)	Centralidad alpha	Articulación de la demanda/intermediación de la red	Facilitación del conocimiento	Extensionistas individuales con recursos públicos.
Conocimiento explícito				3. Consultores públicos (Atención a productores organizados)	Centralidad alpha	Intermediación de la red
Modo <i>CTI</i>		4. Consultores privados	Centralidad alpha			Intermediación de la red
Relaciones formales						

Continuación, cuadro 4.

Componentes	Nivel de influencia	Tipo de actor	Indicador de red	Rol	Observaciones	Involucrados
Difusión dentro de la población Fuentes internas Conocimiento tácito Modo <i>CUI</i> Relaciones informales	Agricultor o base	5. Bases locales para la innovación	Centralidad de apalancamiento/Harvest	Prestigio/proximidad especial para el aprendizaje	Combina conocimiento tácito y explícito. Amplificador para la innovación. Puentes entre pares y recursos externos. Capacidad para articular o fragmentar la red.	Productores como nodos estratégicos para la difusión de innovaciones en ambientes locales.
		6. Gestores homólogos	Intermediación	Relaciones débiles		Productores participando en niveles de toma de decisiones, vinculando otros productores y organizando la red a nivel local. Productores que dispersan las bondades del proceso de innovación (hacen ruido), y productores que aplican la innovación.
		7. Colectores	Difusor	Proximidad espacial		

Fuente: elaboración propia con base en Klerkxs y Leeuwis (2008)

1. *¿La Agricultura de Conservación es un paquete, o existe un orden para practicar los tres principios básicos (labranza mínima, cobertura de cultivos y rotación de cultivos)?*

Existe un orden en los principios de AC, pero este depende del contexto local. En este estudio, el modo de innovación CTI está basado en la efectividad de las fuentes de información externa a través del conocimiento explícito. Mientras que el modo de innovación CUI considera fuertes recursos de información interna en la red donde el conocimiento tácito o *know-how* determina como los productores adoptan, adaptan y/o replican una innovación. Para el proceso de difusión, ambos modos trabajan de forma simultánea, pero implican diferentes trayectorias (Figura 7).

Algunas prácticas de AC que son nuevas para los agricultores como lo son la cobertura con cultivos y los biofertilizantes, requieren de soporte externo, mientras que otras son inducidas a través de empresas privadas (semillas de calidad). Por otro lado, los recursos internos adaptan el conocimiento a condiciones locales, aprenden de otros productores y solo incluyen a los recursos externos para mejorar ciertas técnicas. Sin embargo, los cuellos de botella aparecen cuando las prácticas se relacionan entre sí, como es el caso de la maquinaria especializada que se requiere para sembrar sobre la cobertura de cultivos anteriores.

Para el hacedor de políticas públicas, es importante considerar que las prácticas de AC incluyen un costo para el productor quien debe invertir tiempo en aprendizaje y la compra de bienes de capital (Pretty, 2008). La presencia de innovaciones interrelacionadas es un aspecto que debe considerarse, ya que involucra un número importante de decisiones de forma simultánea (Gershon *et al.*, 1985). Como menciona

Scopel *et al.*, (2013), los principios de AC requieren de la reorganización del proceso de producción. Cuando los agricultores enfrentan barreras técnicas o socioeconómicas, la AC empieza como un proceso lento el cual Lahmar (2010) califica como un patrón de adopción paso a paso.

2. *¿Cuál es la probabilidad que una práctica de AC se adopte sobre la población entera de agricultores en una región?*

La probabilidad es alta cuando se usan estrategias efectivas. Utilizando el enfoque evolutivo de Nowak (2011), para analizar el proceso de innovación, una innovación que tiene una ventaja selectiva se puede dispersar de forma rápida; de otra forma, con una desventaja selectiva se dispersa de forma lenta. En AC una ventaja selectiva es cuando los productores observan beneficios al aplicar una práctica ($b/c > 1$) en el corto plazo. Una desventaja selectiva es la alta inversión en aprendizaje y bienes de capital que los productores deben hacer, quienes ven beneficios en el largo plazo. La probabilidad que una innovación alcance la población entera depende de sus ventajas selectivas. Esta probabilidad es conocida como la *probabilidad de fijación* de una innovación.

Entonces, ¿cómo las redes ayudan a incrementar esa probabilidad de fijación de una innovación en la agricultura? El mapeo de redes ayuda a promover amplificadores e identificar supresores de la innovación. Actores en forma de estrella en la red son amplificadores (siempre y cuando exista reciprocidad en las relaciones), mientras que supresores son nodos conectados a un mismo nodo o actor, en el que existe concentración de la información (Lieberman *et al.*, 2005). Sin embargo, el principal objetivo es como integrar redes que afecten la probabilidad de fijación de la innovación.

3. ¿Cómo integrar redes en AC?

Los hacedores de política pública deben considerar las redes prescritas y emergentes como una regla de oro al momento de implementar políticas agrícolas. Dada la variedad de actores, roles y creencias, se requiere de mecanismos para alinear estrategias hacia un mismo fin. Klerkx y Aarts (2013), abordan la necesidad de dar dirección a una red de innovación a través de la orquestación, definida como la integración de un conjunto de estrategias para implementar una acción. Valente (2012) usa el término “*network intervention*” para indicar cómo el ARS es usado para acelerar el proceso de difusión de una innovación, así como mejorar la eficiencia organizacional en una red, estas estrategias son: detectar individuos, segmentar la red, inducir comportamientos y alterar la estructura.

Ejemplo: (i) detectar individuos que funcionen como campeones de la innovación. En el Cuadro 4, las bases locales para la innovación juegan ese rol a través del prestigio como referentes en la red. Los gestores de pares, en su función de puentes, pueden crear una red más cohesionada (Valente y Fujimoto, 2010) y fomentar el uso de nueva información en la red a través de las relaciones débiles; (ii) la segmentación se refiere a la identificación de grupos de personas que tienen una forma especial de hacer las cosas, o que tienen creencias similares, un claro ejemplo en Chiapas es el Club de Labranza de Conservación, similar a lo que Wenger *et al.* (2002) definen como una comunidad de innovación, que comparte un interés y profundiza en el conocimiento de una agricultura más sustentable; (iii) la inducción, relacionada a la detección de nodos de largo alcance en la red, para ayudar a implementar campañas de medios que promuevan la AC (hacer

ruido); (iv) finalmente la estrategia de alteración considera una perspectiva dinámica y consiste en adherir u obstaculizar nodos en la red, añadir o quitar relaciones o re-direccionar las relaciones existentes. Por ejemplo, en este estudio, se pueden direccionar las relaciones para vincular a los colectores de información con las bases locales para la innovación, o quitar nodos que se consideran supresores del proceso de innovación.

3.5. Conclusiones

La estructura de red presentada en la Figura 8 y las medidas de centralidad de los actores, ayudan a identificar actores clave y pueden facilitar la orquestación efectiva. El orquestador de una red debe identificar ambos niveles de intermediación y nivel de productor, dado que estos niveles juegan diferentes roles e implican diferentes vías para la información. Localizar actores clave a niveles organizacionales, puede ser relativamente simple si se conoce el ambiente en el que está establecida la red. En redes complejas y a nivel de productores este trabajo puede ser más complicado y el uso del ARS provee de información valiosa.

En una dimensión vertical en el proceso de difusión, los niveles más altos de la red están definidos por el rol de los actores sistémicos para la innovación así como los consultores públicos y privados. Sin embargo, este proceso es truncado donde los productores tienen formas informales para llevar a cabo sus actividades. En una dimensión horizontal, el proceso de difusión emerge desde abajo, donde los recursos internos para el aprendizaje funcionan como amplificadores, puentes o colectores en el intercambio de aprendizaje. Este proceso es truncado por los niveles altos, donde las estructuras formales están previamente definidas.

Finalmente, los resultados demuestran que estudios de la difusión de innovaciones deben considerar dos dimensiones: (i) la innovación como prácticas tecnológicas con patrones de adopción de esas prácticas y recursos de información jugando diferentes roles para el aprendizaje, (ii) innovadores a diferentes niveles en la estructura de la red que producen, administran, articulan, adaptan o replican una innovación en un proceso dinámico. A pesar que el umbral de política es estrecho, mejoras en la forma de producir alimentos bajo escenarios de cambio climático son posibles aun sin cambios revolucionarios.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DINÁMICO DE INNOVACIONES EN PRODUCTORES DE HULE NATURAL

En este capítulo se presenta un acercamiento a la dinámica de la difusión y adopción de innovaciones de productores de hule, cuando son expuestos a un proceso de intervención para el fomento a la innovación.

4.1. La dinámica de la innovación

El 99 % de hule natural en el mundo es producido por *Hevea brasiliensis*; este cultivo, soporta una rama industrial estratégica. El producto de los árboles de hule es el latex, una sustancia que se encuentra en el sistema laticífero de la corteza - y se utiliza para la fabricación de neumáticos, productos farmacéuticos, deportivos, cementos, pintura, etc.; encontrándose su uso en por lo menos 50,000 productos. El hule natural lo producen principalmente pequeños agricultores en países en desarrollo de Asia, África y América Latina (Nair, 2010). De acuerdo al IRSG, la producción mundial en el año 2010 fue de 10.3 millones de toneladas, de las cuales Asia produjo el 93%. En México, la producción de hule natural se realiza en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, y a pesar que la participación en el mercado internacional es baja, esta actividad involucra aproximadamente a 5,000 productores que cultivan cerca de 25,000 hectáreas.

Con el objetivo de mejorar los rendimientos en la producción de hule natural, se implementó un proyecto de gestión de la innovación hacia productores de hule natural,

utilizando el Modelo de Agencias de Gestión de la Innovación (AGI), que promovió la difusión de paquetes de innovaciones relacionados con buenas prácticas agrícolas de sanidad (SAN), el manejo de plantaciones (MC) y cosecha (COS).¹, entre otras.

En México existen 4.06 millones de unidades de producción agropecuaria (INEGI 2007), y a pesar que se han incrementado los esfuerzos de los últimos años por mejorar los esquemas para difundir el conocimiento hacia los agricultores, sólo 0.28% reciben asistencia técnica y capacitación. Una de las causas ha sido la presencia de esquemas de políticas públicas con enfoques lineales en la difusión de innovaciones hacia los productores. Algunos resultados del análisis de innovación en productores agrícolas en México han demostrado que la principal fuente de información o referencia son otros productores; existen también diferencias considerables de aprendizaje entre agricultores de una misma región (Muñoz y Santoyo, 2010), lo que indica la diferencia de capacidades tanto de aprendizaje como de gestión para acceder al conocimiento.

Así, para abordar el análisis y diseño de las políticas, es necesario estudiar los factores que llevan a los productores agropecuarios a reaccionar de forma diferente ante los cambios en la forma de producir, en un entorno en el que se considere la complejidad de la estructura, bajo la cual se dan los procesos de innovación. Estudiar el proceso de innovación con un enfoque de “sistema de innovación”, ha cobrado importancia en los últimos años debido a que considera las interacciones que se dan entre las personas, organizaciones e instituciones en la producción, difusión y uso del conocimiento. El

¹ SAN=Prácticas fitosanitarias como manejo de plagas y enfermedades; MC= manejo del cultivo como podas, control de malezas, fertilización, y COS= cosecha, relacionada con prácticas de cosecha y post-cosecha.

presente estudio, analiza los patrones de aprendizaje y colaboración en un proceso de difusión de innovación, en el cual, se considera que los agricultores mantienen, establecen o suprimen relaciones para mejorar su situación actual. Este estudio es relevante, dado que en México, se empiezan a adoptar modelos de extensión agrícola con un enfoque de red y es importante explorar métodos de análisis con rigor metodológico y que sirvan como insumo para la toma de decisiones.

Sin embargo, la innovación no es estática, es más bien dinámica. Por tanto, la pregunta que se plantea este trabajo es: ¿cómo cambian las relaciones entre productores de hule natural a través del tiempo, cuando se les provee de diferentes paquetes de innovación bajo un esquema de difusión de innovaciones? Para analizar los factores que afectan la adopción de una innovación, bajo un enfoque dinámico, este estudio consideró variables como la percepción de la innovación por parte de los usuarios finales, la interacción que existe entre los actores de la red y las capacidades individuales para absorber el conocimiento; todo esto, bajo un modelo de análisis longitudinal que permitió considerar la temporalidad en un proceso de innovación.

4.2 Difusión de innovaciones

De acuerdo a la OECD (1999), una innovación es la introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio), un nuevo método de comercialización o de organización, en las prácticas internas de la empresa, el lugar de trabajo o las relaciones exteriores. Sin embargo, esta definición se debe acotar en el caso de la agricultura de los países en desarrollo; el concepto puede ser ajustado de acuerdo al contexto socioeconómico y ambiental, dado que muchas de las ventajas comparativas de

la agricultura de América Latina, se encuentran sustentadas en la explotación sostenible de sus recursos naturales². Por tanto, para este estudio, la innovación es entendida como cualquier cambio basado en el uso del conocimiento explícito o tácito, que genera valor (no necesariamente económico) en el corto, mediano o largo plazo.

La innovación puede ser vista como proceso, debido a la cantidad de variables que intervienen y afectan su desarrollo, dispersión y uso. Así, los trabajos sobre la innovación en agricultura son diversos y se han desarrollado según su objetivo e interés de aplicación. Sunding *et al.* (2001), resumen dos grandes líneas de investigación, la primera estudia la generación de innovaciones y la segunda aborda los procesos de difusión y adopción; este estudio se enfoca a la segunda línea como un elemento que da el soporte sistémico y dinámico a la innovación. Está ampliamente aceptado que el proceso de innovación no es lineal (Schmookler 1962; Klerkx and Leeuwis, 2008), es más bien, un proceso complejo en el que intervienen distintas variables que afectan la tasa final de adopción de innovaciones. Dentro de estas variables están las características de la innovación, el canal de comunicación, la naturaleza del sistema social y el grado de promoción que realice el “agente de cambio”³(Rogers, 1995).

Debido a la complejidad que involucra un proceso de innovación, en los últimos años se ha estudiado la difusión de innovaciones, aplicando la teoría de los sistemas de innovación, en la cual, el proceso de innovación se da bajo una configuración

² Una innovación puede ser implementada para hacer sostenible el sistema de producción, y no necesariamente para generar valor monetario en el corto plazo.

³ Rogers menciona que el agente de cambio juega un papel importante en la difusión de innovaciones, en términos de influir en la decisión de adopción de una innovación en los usuarios finales y en la gestión de las innovaciones tecnológicas.

sistémica, caracterizada por agentes que desarrollan, difunden y usan la innovación bajo un enfoque de red⁴. Powell y Grodal (2006) mencionan que este enfoque de red, contribuye significativamente a la capacidad de innovación, al mejorar el acceso a recursos, acceder a nuevas ideas y acelerar la transferencia del conocimiento.

En los procesos de innovación, Lundvall (2011) menciona que la probabilidad de éxito es mayor, cuando los que generan la innovación, toman en cuenta las necesidades de los usuarios mediante la interacción y el aprendizaje con esos usuarios, en algunas innovaciones el conocimiento codificado juega un papel importante, otros están dominados por la experiencia basada en el aprendizaje y con fuertes elementos de conocimiento tácito (el aprendizaje a través de la práctica, el uso y la interacción), como es el caso de los productores agrícolas de este estudio. Hartwich y Scheidegger (2010) sugieren que los factores que influyen en la tasa de adopción de innovaciones en un contexto de red o sistema son: la percepción de la innovación por parte de los usuarios finales, la conectividad y el trabajo en red, así como las capacidades individuales de absorción de la innovación.

Ahora bien, debido a la complejidad de los procesos y sistemas de innovación, es necesario utilizar métodos de análisis que contribuyan a entender mejor su comportamiento. Spielman *et al.* (2011), sugieren que se pueden utilizar las historias de innovación, la comparación entre países, la teoría de juegos y el análisis de redes sociales. Este último, es una técnica matemática para analizar relaciones entre actores y

⁴ Los agentes implicados en el desarrollo, difusión y uso de la innovación es lo que aquí llamamos la “*Red de Innovación*” donde intervienen centros de investigación, industria, agricultores, servicio de extensión, proveedores de insumos para la producción, etc.

los patrones e implicaciones de esas relaciones (Wasserman y Faust, 1994) dentro de una estructura social.

Como estructura social se entiende al orden o patrones que surgen de la existencia de más de un actor en un medio (Whitmeyer, 1994), y una estructura puede conceptualizarse de dos formas: la primera en términos de simples relaciones entre individuos o instituciones, y la segunda en un enfoque más sociológico y antropológico de diferenciación, donde el proceso se aborda como entrelazos, prestigio diferencial y/o rol, a partir del cual los actores son estratificados; para ello, los modelos de red ofrecen un marco sólido que permite describir esa diferenciación de acuerdo a los patrones de relación entre los actores de un sistema (Burt, 1980). En años recientes, las redes se han estudiado como un elemento importante en los patrones de difusión y adopción de innovaciones utilizando métodos de ARS (Gamboa *et al.* 2010; Nyblom *et al.* 2003; Valente, 1996; Wu y Pretty, 2004). Una red social se compone de nodos y lazos; para este estudio, los nodos representan actores (los que integran la red de innovación y de productores) y los lazos representan relaciones (sociales, técnicas y comerciales).

Sin embargo, tanto las redes como la innovación no son estáticas, son más bien dinámicas, por lo que para estudiarlas se debe tener presente el cambio en el tiempo, como un elemento importante para entender el proceso de innovación. Se han desarrollado métodos para el análisis dinámico de redes, donde una red dinámica, consiste en relaciones de actores que cambian a través del tiempo (Snijders *et al.* 2010) y a diferencia del análisis estático, el estudio de relaciones cambiantes se vuelve más complejo. Dentro de los métodos estadísticos y propuestas para el análisis longitudinal

(Snijders, 2005; van Duijn *et al.* 1999; Wasserman y Faust, 1994), están los que van del análisis diádico, a la utilización de Cadenas de Markov para procesos continuos.

4.3. Análisis de información

Participantes y cuestionario

El estudio se realizó con 32 productores de hule natural del municipio de Tezonapa, en Veracruz, México, que participaron en el modelo de gestión de la innovación AGI. La información corresponde a tres momentos de observación (dos periodos), incorporándose durante el proceso otros 46 productores, para un total de 78 productores y 16 instituciones (asesores técnicos, organización de productores, agroindustria, proveedores de insumos, proveedor de servicios financieros e institutos de investigación); en total sumaron una red de 94 nodos la cuál fue considerada como una Red de Innovación. Los cuestionarios fueron aplicados directamente a los productores entre los años de 2009 y 2011.

La estructura del cuestionario se dividió en tres secciones: la primera sección colectó información relacionada con atributos generales de los productores, género, edad, escolaridad; la segunda sección estuvo relacionada con la adopción de innovaciones, con la que se midió el índice de adopción de innovaciones para los tres paquetes de innovación (SAN, MC, COS); la tercera sección se estructuró para mapear la red de relaciones sociales, técnicas y comerciales de los productores.

Manejo de datos

La información colectada en campo, refirió las relaciones de los productores en la red de innovación, pero debido a que el interés del presente estudio se centra en el

comportamiento de los productores, el análisis de la información se realizó con dos bases de datos.

La primera sección incluyó a todos los actores de la red de innovación (productores, gestores de la innovación, centros de investigación, industria y proveedores de insumos), con estos datos se realizó el primer análisis de acercamiento a la red de innovación. Para analizar la red de innovación, se diferenció a las instituciones de los productores, creando una variable Dummy y asignando el valor de 1 a los productores y 0 a las instituciones.

La segunda base de datos consideró sólo a relaciones entre productores (78), con estos datos se construyeron tres modelos (modelo 1 SAN, modelo 2 MC, modelo 3 COS), para determinar el comportamiento de los productores con relación a las innovaciones.

Para el análisis de la red de productores; se estimó el número de prácticas que éstos realizaron, y con base en ello, se construyó un índice de valores de adopción para cada paquete de innovaciones – SAN, MC y COS –, para lo cual se construyeron intervalos sobre el porcentaje de adopción de innovaciones que realizan los productores: de 0 a 33% = 1, de 34 a 66% = 2 y de 67 a 100% = 3. Este índice fue la covariable cambiante con un rango de 1 a 3 de adopción de la innovación.

Análisis de información

Para el análisis de la red de innovación se calcularon estadísticos descriptivos que permitieron obtener un acercamiento general a la estructura de la red. Para analizar la red de productores, se construyeron tres "Modelos estocásticos basados en el Actor" – Modelo SAN, Modelo MC y Modelo COS – de acuerdo a (Ripley *et al.* 2010; Snijders

2005; Snijders *et al.* 2010), que consistieron en realizar un análisis estadístico dinámico para definir la estructura de las redes, y los cambios en las relaciones e índices de adopción de innovación a través del tiempo, donde los atributos de los actores juegan un papel importante en el análisis longitudinal de la red dinámica.

Para el análisis de los modelos se utilizó el método SIENA (Simulation Investigation for Empirical Network Analysis), desarrollado por Snijders (2001), y sus respectivos test mediante el Método Incondicional por Momentos (Snijders *et al.* 2007) con el programa SIENA versión 4 - Rsiena- que permitió verificar la bondad de ajuste de los modelos obtenidos y la verificación de signos de colinealidad.

Para realizar los cálculos, SIENA requiere de al menos tres momentos de observación, que se representan en tres matrices cuadradas adjuntas $n \times n$, donde n es el número de actores, y las relaciones son variables binarias (X_{ij}) representadas por (1, 0) que indican presencia o ausencia de una relación. Con estos datos se calculan efectos de red. SIENA también requiere de datos individuales de covariable para cada actor, con los cuales se modelan los efectos, estos datos pueden ser una covariable constante - p.e. género – es decir no cambian a través del tiempo, o puede ser una covariable cambiante, como fue el caso de este estudio, donde el índice de adopción de innovaciones, tomó valores distintos para cada momento de observación; con esta información se calculan los efectos de covariable de actor.

Una vez que se tienen las observaciones, el primer paso es especificar el (los) modelo(s) a estimar, el cual se basa en tres funciones, la función inicial, que modela la velocidad a la cual cada actor de la red tiene la oportunidad para cambiar su puntuación en la

variable dependiente, la función de evaluación la cual determina las probabilidades de cambio para cada actor dentro de la red, y finalmente la función de creación que distingue entre nuevas y viejas relaciones, y es un componente para cambios en dirección ascendente: la creación de nuevas relaciones. Para una especificación teórica ver Snijders (2001).

Con la información longitudinal, SIENA calcula parámetros (β_k), para los efectos de red y los efectos de covariable de actor, utilizando probabilidades en la formación y terminación de relaciones. En la definición de los modelos de este estudio se incluyeron los siguientes efectos de red y de covariable de actor: densidad, reciprocidad, tripletes transitivos, popularidad en grados de entrada, actividad en grados de entrada, actividad en grados de salida, asortatividad en grados de entrada-salida, covariable de alter, covariable de ego, covariable similitud. Estos efectos y su definición teórica y matemática se pueden ver en el Cuadro 5. Es aconsejable siempre incluir el efecto densidad en un modelo, puesto que sirve de control para los demás efectos estructurales (Federico, 2005); los efectos reciprocidad y tripletes transitivos definen la evolución conjunta de la red, y se recomienda incorporarlos (Snijders *et al.* 2010); Los efectos de popularidad en grados de entrada, actividad en grados de entrada, actividad en grados de salida, asortatividad en grados de entrada-salida se decidió incluirlos por razones teóricas para identificar el comportamiento de las relaciones en la red. Los efectos de covariable de innovación ego, alter y similitud son los que definieron el objetivo del estudio, para buscar los patrones de comportamiento de los productores en relación a las innovaciones.

4.4. Resultados

Los resultados se dividen en tres apartados, el primero corresponde a los estadísticos descriptivos de la *red de innovación*, en el segundo apartado se analizan los *efectos básicos de la red de productores*, y en el tercero el *comportamiento en las relaciones de los productores* con respecto a cada paquete de innovación.

Cuadro 5. Efectos de red y de covariables de actor

Efectos	Formula*
<i>Efectos de red</i>	
Densidad	$S_{i1}^{net}(X) = X_{i+} = \sum_j X_{ij}$
Reciprocidad	$S_{i2}^{net}(X) = \sum_j X_{ij} X_{ji}$
Tripletes transitivos	$S_{i3}^{net}(X) = \sum_{j,h} X_{ih} X_{ij} X_{jh}$
Grados de entrada – popularidad	$S_i^{net}(x) = \sum_j x_{ij} x_{+j} = \sum_j x_{ij} \sum_h x_{hj}$
Actividad en grados de entrada	$S_i^{net}(x) = x_{i+} x_{+i}$
Actividad en grados en salida	$S_i^{net}(x) = x_{i+}^2$
Grados entrada-salida ^(1/c) -Asortatividad	$S_i^{net}(x) = \sum_j x_{ij} x_{+j}^{1/c} x_{j+}^{1/c}$
<i>Efectos de covariable de actor</i>	
Covariable-ego	$S_{i6}^{net}(X) = \sum_j X_{ij} V_i$
Covariable-alter	$S_{i7}^{net} = \sum_j X_{ij} V_j$
Covariable-similitud	$S_{i8}^{net}(X) = \sum_j X_{ij} (sim_{ij} - \overline{sim}^v)$

Fuente: Ripley and Snijders (2010)

*El reemplazo de un índice por el signo +, denota una suma sobre ese índice. Covariables de actor exógenas están denotadas por v_i . Para una descripción general de cada indicador véase el cuadro de arriba.

Estadísticos descriptivos de la red de innovación

Para la interpretación de los resultados, el método SIENA estima el índice de Jaccard (1900), que determina la variación de las relaciones entre un periodo y otro en la red. De acuerdo a Snijders *et al.* (2010), el índice de Jaccard debe ser mayor a 0.3; el resultado del índice para el primer y segundo periodo fue de 0.31 y 0.42 respectivamente, lo que indica que se pueden estimar los modelos. De acuerdo a los resultados obtenidos con SIENA, se presentó buen nivel de convergencia, al tener valores menores a 0.1 en los t-ratios para cada uno de los efectos estudiados.

Los productores tienen en promedio una edad de 61 años, 4 años de escolaridad y 24 años de experiencia en la producción de hule; 14% son mujeres, 70% por ciento realiza otras actividades para complementar sus ingresos, tales como, producción de ganado bovino, producción de caña de azúcar y café. Los índices de adopción de prácticas de innovación fueron: SAN = 43.5; MC = 32.8, y COS = 53.5, lo que indica que las prácticas de cosecha fueron mejor adoptadas (Cuadro 6). Los resultados obtenidos con SIENA indicaron que, el cambio promedio para cada observación (número de relaciones establecidas) fue de 1.5 en la primera observación, 2.3 en la segunda y 3.2 en la tercera.

Los valores obtenidos en la función inicial, fueron de 5.1 y 4.6 para la primera y segunda ola, e indican el número promedio de relaciones (técnicas y sociales) de cambio por actor en dos observaciones consecutivas.

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos de la red de innovación de hule

Estructura de red	Parámetros
Atributos de actores (constantes)*	
<i>Edad promedio</i>	61.45
<i>Experiencia promedio</i>	24.52
<i>Mujeres (%)</i>	14.00
<i>Hombres (%)</i>	86.00
<i>Promedio de adopción de innovación</i>	1.58
Indicadores de la red de innovación	
<i>Grados promedio</i>	
<i>Observación momento 1</i>	1.59
<i>Observación momento 2</i>	2.33
<i>Observación momento 3</i>	3.24
<i>Número de relaciones técnicas y sociales</i>	
<i>Observación momento 1</i>	149.00
<i>Observación momento 2</i>	219.00
<i>Observación momento 3</i>	305.00
Promedio de grados de entrada	
<i>Productores</i>	1.8
<i>Servicio de extensión</i>	16.0
<i>Proveedores de insumos</i>	12.5
<i>Centros de investigación</i>	13.7
<i>Industria de hule</i>	16.1

Fuente: elaboración propia con base en cuestionario aplicado a productores.

Si bien el presente artículo no se centra en identificar la jerarquía existente, si es importante mencionar que ésta existe. Ravasz y Barabási (2003) mencionan que la jerarquía es una característica fundamental en muchos sistemas complejos. La jerarquía global aquí se representa por actores que tienen un alto índice de grados de entrada (principalmente instituciones, extensionistas, proveedores de insumos y servicios y los centros de investigación), mientras que los agricultores (80% de los actores en esta red), se identifican como nodos periféricos con bajos niveles de grados de entrada (Figura 8).

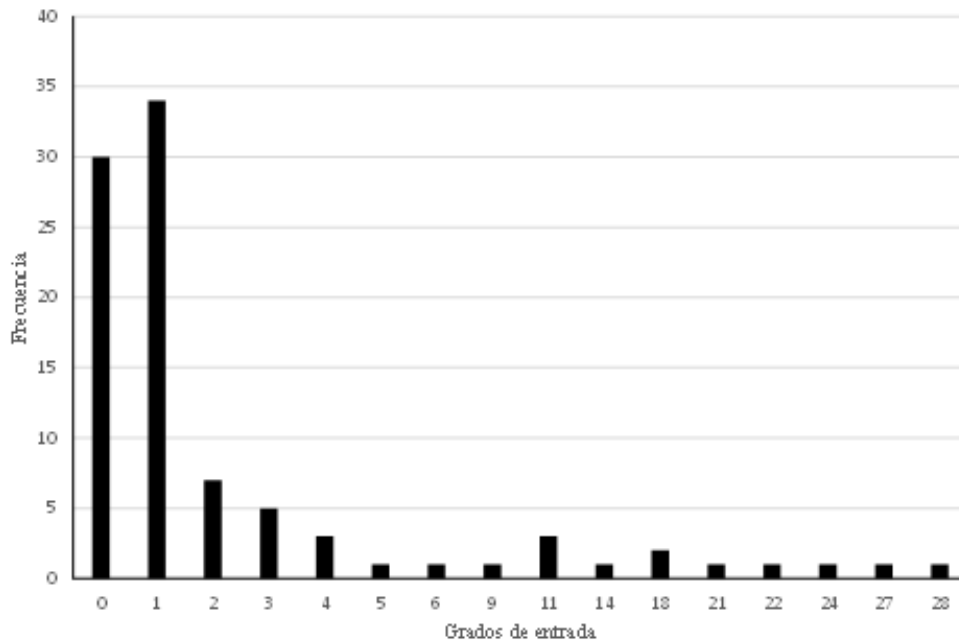


Figura 9. Grados de entrada para diferentes actores de la red de innovación

Fuente: elaboración propia con base en resultados del ARS

La concentración de relaciones comerciales y técnicas dentro de la red de innovación, se debe a que existe un número reducido de proveedores de insumos y servicios, una industria que acapara la producción de *látex* y las relaciones de aprendizaje las concentran en el servicio de la AGI y los centros de investigación.

Efectos de red

Para el análisis de la red de productores bajo la función inicial, los valores obtenidos por SIENA fueron de 2.61 en el primer periodo y 2.97 en el segundo, lo que indica que el número de relaciones de los productores hacia otros productores fue menor, aunque se incrementó de un periodo a otro.

Cuadro 7. Parámetros estimados en modelos en evolución de redes de innovación

Parámetros	Modelo 1 (SAN)			Modelo 2 (MC)			Modelo 3 (COS)		
	β	S.E	p-valor	β	S.E	p-valor	β	S.E	p-valor
<i>Efectos de red</i>									
Densidad	-4.31	0.40	0.001***	-4.43	0.44	0.001***	-4.34	0.40	0.001***
Reciprocidad	5.06	1.05	0.001***	4.15	1.00	0.001***	4.90	1.52	0.001***
Tripletes transitivos	2.08	0.43	0.001***	2.13	0.45	0.001***	2.18	0.39	0.001***
Popularidad grados - entrada	0.23	0.07	0.002*	0.24	0.08	0.002*	0.24	0.08	0.002*
Actividad grados-salida	0.20	0.10	0.045*	0.36	0.13	0.005**	0.30	0.11	0.006**
Asortatividad-grados entrada-salida ^(1/2)	-1.34	0.63	0.033*	-1.35	0.62	0.029*	-1.07	0.59	0.069 †
<i>Efectos de covariable</i>									
Covariable alter	0.54	0.32	0.091 †	0.30	0.17	0.151	0.27	0.11	0.014*
Covariable ego	-2.29	0.58	0.001***	-0.69	0.36	0.055 †	0.10	0.04	0.012*
Covariable similitud	0.74	0.28	0.008**	-0.21	0.87	0.015*	-0.45	0.27	0.095 †

Fuente: elaboración propia con base en cuestionario aplicado a productores.

† $p < .1$, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. El p-valor está basado en una aproximación de la distribución normal de los t-ratios (el estimado dividido entre el error estándar).

El efecto grados de salida, es negativo y significativo en los tres modelos presentados (-4.31, -4.43,-4.34). Ebbers and Wijnberg (2010) mencionan que el hecho que el parámetro sea negativo, indica que las relaciones arbitrarias (relaciones sin sentido) son costosas, y por lo tanto, poco probable que los actores de la red formen lazos con otros actores al azar. El valor positivo y significativo del efecto tripletes transitivos sugiere la existencia de un cierre de red y representa un aumento en las relaciones que tienen los productores entre sí, y por tanto un mayor flujo de la información en el proceso de difusión de las innovaciones. El efecto popularidad en grados de entrada (0.23), se puede interpretar como la tendencia de productores con altos grados de entrada para atraer más relaciones hacia ellos, lo que (Price 1976) llama el éxito que genera éxito-

success seems to breed success –, este efecto aplica para muchos fenómenos de las ciencias sociales y puede estar determinado por el tamaño y recursos que tiene un productor dentro de la red, el reconocimiento que tienen de él otros productores, o los resultados obtenidos en la aplicación de las innovaciones.

El efecto *actividad-grados de salida*, positivo y significativo, refleja una tendencia de productores con altos grados (relaciones) de salida, para enviar relaciones de salida adicionales, lo que implica que son buscadores de información, o intercambiaron información con más productores. Si los nodos de una red que tienen muchas conexiones (*alto-grado*) tienden a ser conectados por otros nodos con muchas conexiones (*alto-grado*), se presenta el fenómeno de *asortatividad*; por otro lado, si los nodos con altos grados, conectan a nodos con bajos grados entonces se presenta el fenómeno contrario (*disortatividad*). Newman (2002) menciona que las redes sociales tienden a ser asortativas, y las redes tecnológicas y biológicas disortativas. La asortatividad es un parámetro que mide la tendencia de unión entre los nodos de una red, el efecto de *grados entrada-salida*^(1/2) *asortatividad* refleja la tendencia de actores con altos grados de relaciones de entrada, a preferir ser relacionados con otros actores con altos grados de relaciones de salida. El valor negativo (-1.34) obtenido en este efecto, señala que los productores que concentran las relaciones de entrada, no se están relacionando con los productores que concentran las relaciones de salida.

Efectos de covariables

Cuando una variable V (el valor del nivel de innovación donde 1 es bajo, 2 es medio y 3 alto) está presente en varios efectos dentro de un modelo, entonces estos efectos, se

pueden entender mejor cuando se toman en cuenta de forma simultánea (Ripley *et al.* 2010). A partir del cuadro 6 y de las ecuaciones (f, g, h) para ego, alter y similitud, se pueden obtener los parámetros de contribución $Y_{e,a,s}$, mediante la Ecuación 1 (Snijders 2005).

$$Y_{e,a,s} = \beta_{ego} V_i X_i + \beta_{alter} \sum_j X_{ij} V_j + \beta_{sim} \sum_j X_{ij} (sim_{ij}^v - \overline{sim}) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde, $sim_{ij}^v = 1 - \frac{V_i - V_j}{\Delta_v}$ con $\Delta_v = \max_{ij} |V_i - V_j|$ cercano al rango observado de la covariable V para los actores i y j . Por tanto, los resultados se pueden sustituir en la Ecuación 2.

$$Y_{e,a,s} = \beta_{ego} (V_i - \overline{V}) + \beta_{alter} (V_j - \overline{V}) + \beta_{sim} \left(1 - \frac{V_i - V_j}{\Delta_v} - \overline{sim}^v \right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde β_{ego} , β_{alter} y β_{sim} , son los parámetros estimados obtenidos en los modelos 1 a 3 en el Cuadro 6; V_i = los valores que puede tomar el actor i (1 a 3 que son los niveles de innovación de SAN, MC y COS); V_j = los valores que puede tomar el actor j (también 1 a 3); \overline{V} = media centrada de la variable en los modelos (1.449 en SAN, 1.705 en MC y 1.199 de COS). La media de todas las puntuaciones de similitud⁵ \overline{sim}^v para cada modelo fue de (0.5042 para SAN, 0.6732 para MC y para 0.757 COS).

Utilizando los datos de la salida de *SIENA* en el modelo SAN, se puede ver que la variable cambiante de innovación asume valores de 1 a 3, con una media centrada $V_i =$

⁵ SIENA calcula los valores centrados para sustituirse en la fórmula

1.449, y media de la variable similitud $\overline{sim} = 0.5042$, los valores de los parámetros son, $\beta_{ego} = -2.29$, $\beta_{alter} = 0.54$, $\beta_{similarity} = 0.74$. Sustituyendo los resultados en la Ecuación 2, se tiene lo siguiente:

$$-2.29(v_i - \bar{v}) + 0.54(v_j - \bar{v}) + 0.74 \left(1 - \frac{|v_i - v_j|}{\square_v} - 0.5042 \right)$$

Siguiendo el mismo procedimiento, se construyen las contribuciones para los tres modelos de innovación. En el Cuadro 7 se presentan los valores simultáneos para los efectos de ego (filas de la matriz), alter (columnas de la matriz) y similitud (diagonal de la matriz). Las matrices se componen de variables con valores de 1 a 3, que representan el valor de adopción de innovaciones que puede tener un productor. El patrón de relacionamientos en las matrices indica que para los tres modelos, productores con bajos niveles de adopción de innovación, tienden a interactuar con productores que tienen altos niveles de adopción de innovación, ya que los valores más altos de cada fila de la matriz, se encuentran en la columna número 3.

En el modelo 3(COS), el patrón de relacionamientos es similar a los otros dos, ya que los productores con niveles bajos de adopción de innovación buscan relacionarse con productores que tienen niveles altos, pero, los valores de la diagonal de la matriz (-0.18, 0.2 y 0.58) indican que entre similares la relación es menor, pero creciente cuando aumenta el nivel de adopción de innovación.

Cuadro 8. Contribución de efectos ego, alter y similitud

Ego Z_i \ Alter Z_j	Modelo 1 (SAN)			Modelo 2 (MC)			Modelo 3 (COS)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1.15	1.32	1.49	0.20	0.61	1.03	-0.18	0.31	0.81
2	-1.51	-0.60	-0.43	-0.39	-0.18	0.23	0.15	0.20	0.69
3	-4.17	-3.26	-2.35	-0.97	-0.77	-0.56	0.49	0.53	0.58

Fuente: elaboración propia a partir de la ecuación 2 y el cuadro 7

$$Z_i = V_i, Z_j = V_j$$

Si se considera que las innovaciones de cosecha y post-cosecha (COS), fueron mejor adoptadas, pero además dieron resultados en el corto plazo, y representaron un menor costo para implementarlas; así, cuando se obtienen mejores resultados por la implementación de una innovación, se incrementan los relacionamientos entre actores con niveles de adopción altos, lo que implica una mayor facilidad para dispersar el conocimiento, intercambiar ideas y que la masa crítica de la innovación alcance a más productores en menor tiempo y con menos recursos. Los resultados indican que en una red de productores con diferentes niveles de adopción de innovación y bajo diferentes paquetes de innovaciones, las relaciones entre productores están en función de la naturaleza de la innovación.

Para los paquetes de innovación (SAN y MC), se trata de innovaciones con mayor costo para el productor, sin embargo, hacen sostenible al sistema de producción; ya que para el caso de SAN, se atienden y controlan plagas y enfermedades que permiten mantener la producción de *látex*, y en el caso de MC, son prácticas con alto costo para el productor y cuyos resultados son a largo plazo, pero, definen la sostenibilidad del sistema de producción.

4.5. Conclusiones

Este estudio realizó un acercamiento al análisis de una red de innovación de productores de hule en Tezonapa, México para conocer sus relaciones en torno a un proceso de difusión de innovaciones, considerando la temporalidad de las relaciones mediante el análisis longitudinal, utilizando “*Modelos basados en el actor para redes dinámicas*”. Desde el punto de vista metodológico, el análisis longitudinal identifica cómo evolucionan las relaciones de aprendizaje de los productores a través del tiempo, y aborda mejor la dinámica de la innovación desde el punto de vista sistémico. Bajo este método, el estudio permitió encontrar resultados en relación a la red de innovación, las relaciones entre los productores en un proceso de innovación y hacer recomendaciones desde el punto de vista de política.

Los resultados demuestran que el enfoque de red en un proceso de difusión de innovación como fue el Modelo AGI, tiene ventajas; bajo este enfoque, se mejora el acceso a la información, los usuarios finales de la innovación evalúan nuevas tecnologías, los que desarrollan nuevos conocimientos, e identifican necesidades, es decir, se dinamiza la red de innovación. Si bien la red de innovación es jerárquica, esto se debe a que la provisión de insumos y servicios, la comercialización y el desarrollo de nuevos conocimientos están concentrados en pocos actores (instituciones, industria) quienes juegan ese papel dentro del sistema.

Al analizar la red de productores, este estudio encontró que las relaciones de intercambio se incrementaron, y esto mejora el acceso a las innovaciones y fomenta su adopción. Los productores con bajos niveles en la adopción de innovaciones buscan relacionarse con

productores que tienen altos niveles de adopción; con diferencias de acuerdo a la innovación que se esté implementando. Sin embargo, el mayor reto al que se enfrenta el sistema, es que los productores con mayor grado de adopción (*líderes*) están atrayendo más relaciones, pero éstos, no están buscando relacionarse con otros productores; este fenómeno complica uno de los objetivos del modelo *AGI* que busca dispersar el conocimiento a través de productores *líderes*.

Los resultados indican que en la difusión de innovaciones, tres elementos se deben considerar: a) el tipo de *innovación*, en la cual el productor evalúa el monto en inversión de recursos (aversión al riesgo), el tiempo en que se demuestran los resultados o efectividad, y la factibilidad para adecuar su sistema de producción actual con respecto a nuevas formas; b) la *estructura social* en la que interactúa el productor, donde existe la propensión a buscar actores con mejores niveles de adopción de innovación como referencia y c) la estrategia para *difundir* innovaciones, en la cual se deben considerar “paquetes” de innovación atractivos y efectivos para los productores, además de la conformación de grupos que incluyan actores con diferentes niveles de innovación donde se fomente el aprendizaje.

Los paquetes de innovación estudiados, tuvieron diferencias en cuanto a resultados, costos y plazos para su implementación, pero todos son necesarios para garantizar la competitividad y sostenibilidad del sistema de producción. La complejidad de un sistema de producción aumenta cuando se considera la variable *social*, pero esta última, ayuda a comprender mejor el comportamiento y las decisiones de los productores.

CAPÍTULO V. LA INTERVENCIÓN EN REDES A TRAVÉS DE LA ORQUESTACIÓN

Una red de innovación agrícola se compone de diversos actores, entre los que se encuentran agricultores, empresas privadas, ONG's, investigadores, instituciones de soporte, entre otros. Esta diversidad implica una alta complejidad donde actúan agentes de diferentes tipos, con estrategias y objetivos diversos que reaccionan al comportamiento de otros agentes y a los cambios en el ambiente (Spielman *et al.*, 2009). En redes complejas, la estructura, el contexto y la forma de organización, afectan la efectividad de los resultados obtenidos (Raab *et al.*, 2013). Esta efectividad se refiere a los beneficios que se obtienen a nivel de red, y que no pueden ser logrados por los involucrados actuando de forma independiente (Provan y Kenis 2008).

Las redes de innovación se definen como aquellas “redes que incluyen la interacción de personas, ideas y organizaciones, para crear nuevos productos, procesos y estructuras organizacionales que sean tecnológicamente viables y comercialmente factibles” (Ahrweiler y Keane 2013), son un grupo diverso de actores que de forma voluntaria y en conjunto, aportan conocimiento y otros recursos para desarrollar un producto, o mejorar un proceso social o económico (Ekboir y Rajalahti 2012). A pesar que su alcance es limitado y se ve influenciado por el ambiente institucional en el que se desarrollan, las redes de innovación sirven como vehículos para movilizar recursos y crear ambientes propicios para la innovación (Klerkx *et al.*, 2010).

Partiendo de la complejidad y necesidad de ser efectiva, autores indican que las redes de innovación requieren de una intervención activa (Nederhof, 1990) a través de la orquestación (Batterink *et al.* 2010; Klerkx y Aarts, 2013; Nambisan y Sawhney, 2011), definida como un conjunto de acciones deliberadas y llevadas a cabo con un propósito específico por el actor eje (orquestador) para crear y extraer valor de la red (Dhanasai y Parkhe, 2006). Sin algún grado de orquestación, las redes de innovación pueden estar faltas de una visión estratégica y coordinación necesarias para obtener mejores resultados, particularmente para resolver asimetrías de poder y conflictos de interés entre los actores a diferentes niveles (Brooks y Loevinsohn, 2011).

Esta investigación propone un esquema de intervención en las redes de innovación bajo el concepto de orquestación. Para ello se retoman dos principios fundamentales de la literatura : i) los actores que integran las redes no son entes inertes que únicamente respondan a incentivos y restricciones como resultado de los vínculos que tienen en su red (Dhanasai y Parkhe, 2006), más bien, son capaces de integrarse a procesos de toma de decisiones y soporte a la innovación para crear beneficios compartidos (Muñoz y Altamirano, 2008); ii) bajo ambientes de colaboración y competencia, las relaciones asimétricas entre individuos o instituciones, distribuyen los recursos escasos de forma diferenciada (Wellman,1983).

Para la orquestación e intervención de una red, la literatura menciona seis elementos a considerar: diseño de ruta de innovación, las características de la red, el modelo de orquestación, el objeto de orquestación, la intervención de la red y la evaluación del modelo de trabajo. A pesar que no existe un trabajo que aborde todos estos elementos en

conjunto, en este estudio consideramos que éstos deben ser considerados por un orquestador de redes de innovación, como requisitos fundamentales para garantizar la efectividad.

5.1. Mapa de la ruta de innovación

En la literatura se pueden distinguir dos enfoques en este apartado: el primero es cuando los miembros de la red pueden apalancar (re-uso o re-distribución) las tecnologías y procesos de otros miembros de la red, para mejorar su propio desempeño bajo un esquema ya existente (Nambisan y Sawhney, 2011); en el segundo enfoque se requiere planear el desarrollo de una tecnología o proceso con base en los recursos que se tienen, para ello, el uso de mapas de ruta tecnológica se propone como una vía para identificar, diseñar y evaluar alternativas estratégicas que pueden ser usadas para lograr un objetivo deseado en ciencia y tecnología (Kostoff y Schaller, 2001) y pueden facilitar la coordinación, colaboración y cooperación en trabajo con enfoque de red (Petrick, 2013).

Los diferentes contextos y necesidades en las que puede aplicarse un mapa de ruta tecnológica, hacen de ésta una herramienta flexible (Phaal, 2004). El mapa de ruta tecnológica consiste en un gráfico que considera el tiempo, y un conjunto de actividades agrupadas en cuatro grandes elementos (ambiente, mercado, producto y tecnología) y la relación entre ellos (Figura 10), sirve para crear una visión argumentada de la estrategia de innovación en el mediano y largo plazo (Phaal *et al.*, 2007).

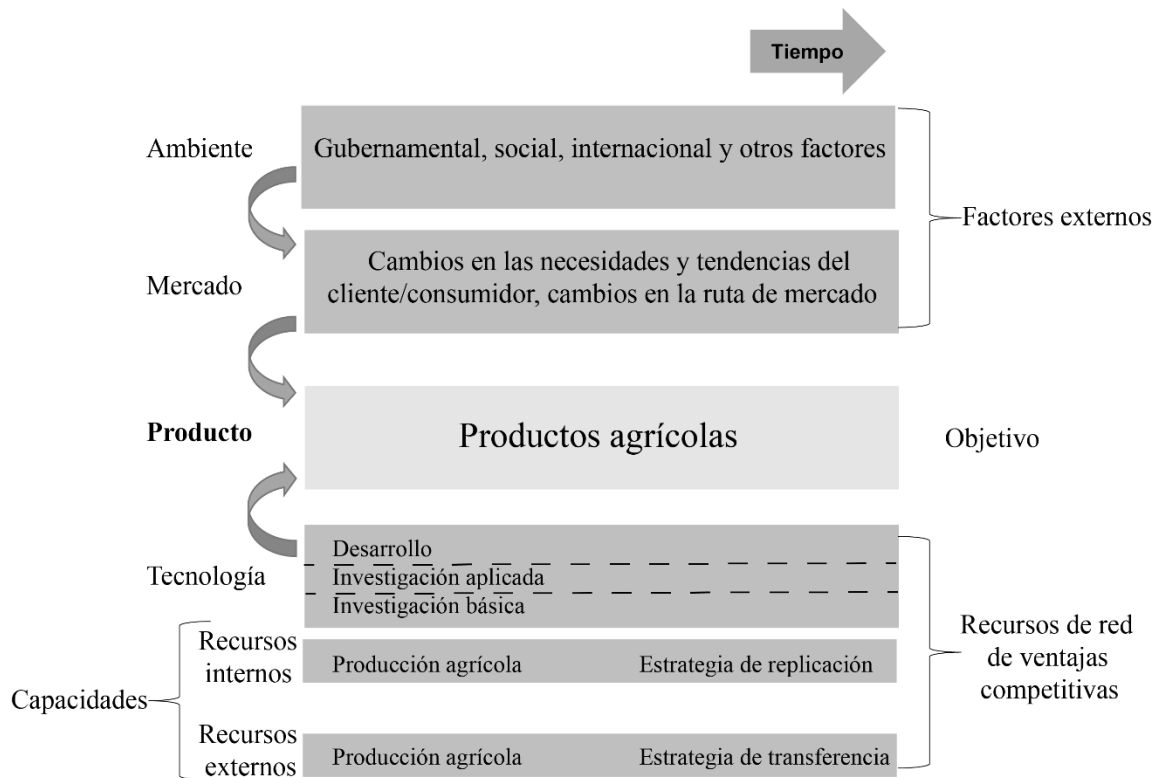


Figura 10. Complejidad de un mapa de ruta tecnológica en una red de innovación

Fuente: Adaptado de Petrick (2013).

5.2. Características de la red

Se deben identificar las características de la red de innovación, cómo está conformada, los involucrados, flujos de conocimiento y aspectos como influencia, cohesión, centralización y posiciones (Dhanasai y Parkhe, 2006; Levén *et al.*, 2013). Una red de innovación es diversa por el número y características de los actores que intervienen, y de acuerdo con Martínez y Aldrich (2011) esta diversidad dificulta la cohesión (característica de una red con fuertes relaciones sociales entre sus miembros), pero también ayuda a incrementar la eficacia individual y la capacidad de innovación.

En una red de innovación, también existen flujos de intercambio de información y de recursos. A través de las redes se difunden el conocimiento y las ideas, se comparte el aprendizaje y también se realizan transacciones comerciales que son afectadas por la configuración de las relaciones de los que integran las redes (Jackson, 2011). Es importante identificar el tipo de conocimiento que se comparte en la red y la información que se desea difundir. Por ejemplo, nuevas tecnologías requieren de conocimientos especializados que los productores no tienen, por tanto, se requiere de una cuidadosa planeación y coordinación que garantice superar los problemas en la producción agrícola (Reynolds *et al.*, 2012).

Identificar la estructura de la red es un paso fundamental para entender cómo se dan los flujos de información, los roles y la distribución del poder entre los involucrados. Equipos con las mismas capacidades en sus miembros, obtienen resultados muy diferentes debido a los patrones de relaciones entre sus miembros (Borgatti *et al.* 2009). En un estudio con productores de limón en México Ekboir *et al.* (2006) encontraron que la habilidad de los agricultores para explorar nuevas técnicas, depende de la diversidad de conexiones con diferentes fuentes de información.

5.3. Modelo de orquestación

El modelo de orquestación de una red está dado por dos factores: orquestación intermediada/no intermediada y orquestación participativa/externa. La primer término se refiere al grado en el cuál una organización es orquestada por una sola organización (intermediada) o por varias o todas las organizaciones de forma colectiva (no intermediada); mientras que participativa/externa se refiere a si la orquestación es dada

por organizaciones que pertenecen a la red o por una ente externa (Provan y Kenis 2008; Raab *et al.*, 2013). A partir de estos factores se identifican tres formas de gobernanza u orquestación.

El primero es el modo de gobernanza participativa en el que todos los miembros de una red gobiernan el proceso de innovación sin una entidad única que juegue este papel; el segundo modo es la orquestación mediante el modelo de organización líder, donde las decisiones y coordinación son centralizadas por un solo ente que puede jugar dos roles: como integrador que coordina todo el proceso o como plataforma líder que da soporte al proceso (Nambisan y Sawhney, 2011); finalmente, el tercer modo es el modelo de organización independiente, en el que el orquestador no es un miembro de la red y tiene el exclusivo propósito de orquestarla, ya sea por mandato o por decisión de los miembros de la red (Provan y Kenis, 2008).

5.4. Objetivos de la orquestación

Este apartado refiere a la coherencia de la red, la movilidad del conocimiento en su forma de capacidad de absorción (Hurmelinna-Laukkanen *et al.*, 2012), la capacidad de los actores de la red para apropiarse de los beneficios que se generan del trabajo en red (Dhanasai y Parkhe, 2006), la estabilidad como un elemento crítico, dado que una desintegración difícilmente promoverá la creación de valor requerido (Levén *et al.*, 2013) y la munificencia del financiamiento que la red recibe de sus miembros y/o de agentes externos (Raab *et al.*, 2013).

Existen varios objetivos a considerar en el proceso de orquestación. El primero es la coherencia en la red, Nambisan y Sawhney (2011) mencionan que existen la coherencia interna y externa; la primera se refiere a la coordinación y alineación de procesos y resultados en cada uno de los miembros de la red, mientras que la segunda está relacionada a los objetivos y resultados de la red con base en el ambiente tecnológico y de mercado. Estos objetivos a nivel individual deben estar alineados con los objetivos a nivel de red (Gagalyuk y Hanf, 2013).

El segundo es la movilidad del conocimiento en su forma de capacidad de absorción (Hurmelinna-Laukkanen *et al.*, 2012), ahora, existe una mayor dispersión del conocimiento, y están surgiendo mecanismos de gobernanza para administrar ese conocimiento (Powell y Grodal, 2006). Dhanasai y Parkhe (2006) proponen que los resultados de la red de innovación serán mayores a medida que se incremente la movilidad del conocimiento entre sus miembros. Se debe plantear si el objetivo es compartir, adquirir o dispersar el conocimiento.

El tercer objetivo es la capacidad de los actores de la red para apropiarse de los beneficios que se generan del trabajo en red (Dhanasai y Parkhe, 2006), los beneficios de la innovación, en ocasiones se perciben en el largo plazo y las preocupaciones sobre la apropiación se intensifican cuando existe disparidad en poder y tamaño de los involucrados, como en estos casos (Nambisan y Sawhney, 2011). En redes de innovación, dada la incertidumbre del proceso de innovación y la carga de conocimiento tácito que es compartido de manera informal, un elemento crucial es construir niveles adecuados de confianza, estableciendo reglas claras (Dhanasai y Parkhe, 2006) y

resaltando las bondades de compartir el conocimiento, así como considerar nuevas propuestas de proyectos (Levén *et al.*, 2013).

El cuarto objetivo es garantizar la estabilidad y munificencia de la red como un elemento crítico. Debido a que las redes son dinámicas, la estructura de una red cambia en el tiempo (Díaz *et al.*, 2013), entran y salen actores, se forman y se fragmentan relaciones. Dhanasai y Parkhe (2006) mencionan que el orquestador debe mantener la estabilidad dinámica de la red (manteniendo un crecimiento no negativo) mejorando la reputación de la red, anticipar los beneficios a futuro del trabajo en red e incrementando la diversidad de relaciones y proyectos en conjunto entre los miembros de la red y al exterior. Una desintegración difícilmente promoverá la creación de valor requerido (Levén *et al.*, 2013) y la munificencia del financiamiento que la red recibe de sus miembros y/o de agentes externos (Raab *et al.*, 2013) es fundamental para operar las iniciativas y la red.

5.5. Intervención de la red

De acuerdo a Valente (2012) el término intervención en la red, describe el proceso de utilizar los datos de la estructura de la red para acelerar el cambio en el comportamiento o mejorar los resultados organizacionales. La idea central de este proceso es diseñar las estrategias adecuadas para mejorar el desempeño de la red, para ello, Thomas Valente propone cuatro tipos de intervención, cada uno con diferente complejidad: localizar nodos críticos para actuar como campeones de la innovación, segmentar la red, inducir comportamientos y modificar estructuras.

Se localizan líderes de opinión en la difusión de innovaciones (Abdel, 2012) quienes poseen características sociales, creencias y competencias personales que los hacen representativos de ciertos grupos (Rogers, 1976; Rogers and Bhowmik 1970). En ocasiones los líderes de opinión no son los mejores canales para difundir una innovación, dado que ellos se concentran en el status quo (Valente, 2012), por lo que individuos que actúen como intermediarios pueden ser más eficientes, además que son más receptivos y abiertos a nuevas ideas (Valente y Fujimoto, 2010). Por lo tanto, Borgatti (2006) propone localizar grupos de jugadores clave o *key players* que sirvan como semillas en el proceso de difusión.

Las redes poseen estructuras de comunidades en su interior, es decir, grupos que por su ubicación geográfica o por su grado de colaboración, están estrechamente unidos entre ellos, a manera de *clusters* (subgrupos) dentro de la red (Girvan y Newman, 2002). Estos *clusters* pueden ser considerados como comunidades de práctica o comunidades de innovación, definidos como grupos de personas que comparten las mismas preocupaciones, problemas y entusiasmo hacia algún tema en particular, y donde se desarrollan nuevas ideas, productos y servicios (Coakes y Smith, 2007; Wenger *et al.*, 2002). Segmentar la red consiste en identificar estos grupos de personas que cambien al mismo tiempo (Valente, 2012).

Para inducir comportamientos en la red, la idea básica es intervenir para estimular o forzar la interacción, creando cascadas para la difusión de un producto o comportamiento (Valente, 2012). Sin embargo, de acuerdo a Easley y Kleinberg (2010)

los *clusters* bloquean la dispersión de cascadas de información, por tanto, se deben tener estrategias para dispersar información a través de esos subgrupos.

Finalmente se propone modificar estructuras, lo cual consiste de tres tácticas: adherir actores en la red, gestionar nuevas relaciones y/o re direccionar las relaciones existentes (Valente, 2012). Esta estrategia es más compleja, pero puede ser más efectiva, todo dependerá del contexto y de la capacidad del orquestador para identificar problemas y negociar a diferentes niveles y con diferentes involucrados.

Para la primera táctica el orquestador debe conocer qué nodo está afectando el desempeño de la red para removerlo y cuál podría agregar valor para añadirlo. Trasladando el enfoque de redes en evolución (Lieberman *et al.*, 2005) al proceso de innovación, existen estructuras de supresores y amplificadores en la difusión de innovaciones. Estructuras del tipo a (Figura 11) con una sola raíz actúan como supresores, pues el nodo del centro determina el comportamiento de la red, mientras que las estructuras del tipo b actúan como amplificadores, pues son capaces de replicar y realimentar el proceso de innovación (nótese la dirección de las flechas). Se deben encontrar las estrategias necesarias para incrementar la participación de amplificadores y limitar la participación de supresores, así como gestionar sus relaciones.

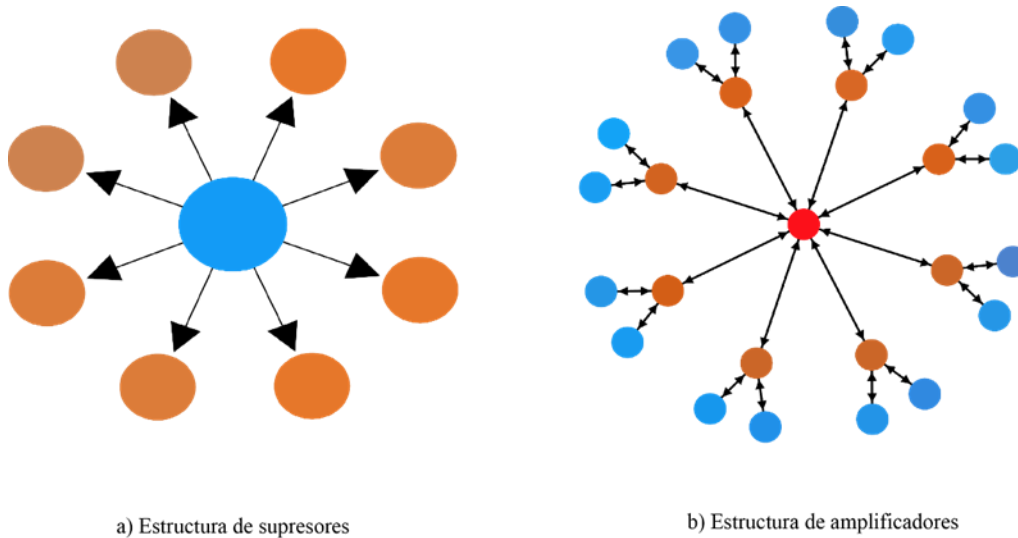


Figura 11. Estructuras de red que actúan como supresores y amplificadores del proceso de innovación.

Fuente: elaboración propia con base en (Lieberman *et al.*, 2005).

5.6. Evaluación de la red

El soporte público a la I&D se justifica en la literatura a partir de las fallas de mercado (la diferencia entre los beneficios sociales y privados), y de manera reciente los analistas han centrado su atención a las fallas del sistema, es decir, la ineffectividad de los mecanismos para facilitar los flujos de conocimiento (Vonortas, 2013). Ante la creciente inversión de gobiernos a iniciativas que faciliten los flujos de conocimiento con un enfoque de red, empieza a surgir un interés por evaluar los resultados (Russo y Rossi, 2009).

En la literatura se pueden distinguir dos enfoques para evaluar redes: el enfoque analítico y el enfoque organizacional, el primero utiliza los conceptos del análisis de redes sociales como la cohesión, la densidad, centralización y cobertura para evaluar

redes de innovación véase por ejemplo, (van der Valk *et al.*, 2011; Vonortas, 2013); el segundo enfoque está más relacionado con temas como la funcionalidad de las instituciones, la racionalidad de las decisiones, eficacia de ejecuciones y aceptación en el territorio, véase (Meyer y Elbe, 2006). Los temas discutidos en esta sección se presentan en la figura 12.

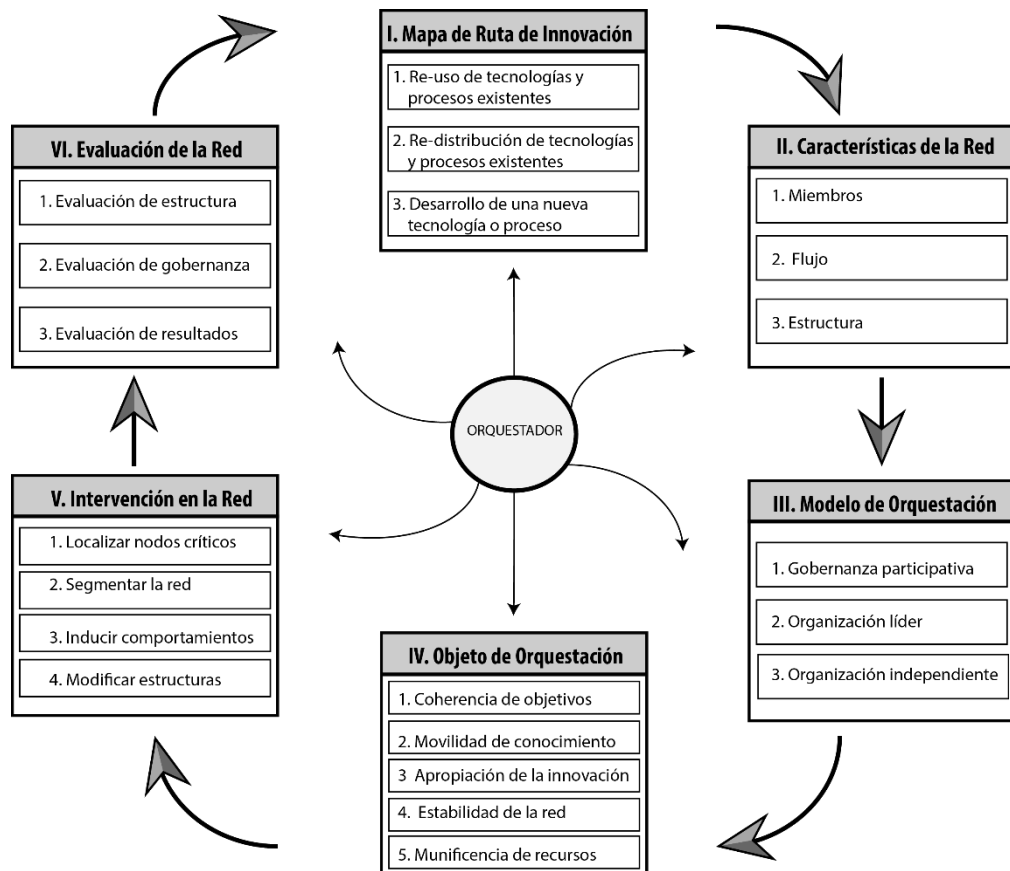


Figura 12. Elementos a considerar en la orquestación e intervención de redes de innovación.

Fuente: elaboración propia. Nota: Las flechas indican la naturaleza dinámica de las redes y el proceso de orquestarlas.

En resumen, el papel del orquestador es armonizar el proceso de innovación, detectar las oportunidades de innovación con base en las necesidades locales y considerando la demanda del mercado, identificar estructuras y flujos de intercambio en la red, definir el mejor modelo de orquestación, alinear objetivos con base en la visión de la red, plantear estrategias para intervenir y finalmente evaluar los resultados como un proceso de mejora continua.

CAPÍTULO VI. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. Discusión de resultados

En este apartado se discuten los hallazgos de esta investigación, respondiendo a las preguntas planteadas al inicio del documento.

¿Cómo se dan las relaciones de aprendizaje en redes de innovación, bajo un enfoque de evolución?

En relación a la primera pregunta de investigación, este trabajo analizó una red de innovación con un enfoque de evolución, utilizando modelos basados en el actor bajo un esquema dinámico, un enfoque novedoso que permite analizar las relaciones de aprendizaje en el tiempo y abordar mejor la dinámica de la innovación bajo un ambiente sistémico.

En el estudio de hule, las relaciones de intercambio se incrementaron a lo largo del tiempo. Durante el primer año se mostró un crecimiento en el intercambio de información, para después estabilizarse. Productores con bajos niveles de adopción tecnológica refieren a productores con altos niveles o productores líderes (líderes de opinión locales, campeones); sin embargo, estos productores líderes, no establecen relaciones hacia estos productores con bajos niveles, por lo que no son las vías más adecuadas para dinamizar el proceso de innovación.

Lo anterior coincide con lo que plantea Valente (2012), en el sentido que muchos investigadores recomiendan utilizar líderes de opinión para acelerar el proceso de difusión; sin embargo, no son los mejores agentes de cambio, ya que están más interesados en el *status quo* de temas específicos. Encontrar lazos clave e individuos que incrementen la cohesión, puede ser una mejor alternativa para acelerar el desempeño de la red (Valente y Fujimoto, 2010).

Estos hallazgos refuerzan la primera hipótesis planteada, referida a que los procesos de innovación en la agricultura se ven afectados por la insuficiente interacción efectiva entre los involucrados en la generación, intercambio y uso de conocimiento. Definir actividades particulares de acuerdo al rol que juega cada uno de los actores en la red, es fundamental para mejorar el proceso de innovación.

¿Cómo afecta la estructura de las redes de innovación en el desempeño del proceso de innovación?

Si nos trasladamos a la estructura de las redes de innovación, se distinguen tres niveles: nivel de política y soporte al proceso de innovación, nivel de intermediación y cadena de valor, y nivel de productores como población objetivo para mejorar los procesos de innovación (Figura 13).

A nivel de política y soporte, existe una fuerte carga de relaciones formales que determinan los proyectos, programas e iniciativas a ejecutarse. En este nivel se encuentran los promotores, supresores o agentes neutrales donde se validan o someten a consideración las ideas, se aprueba o rechaza el financiamiento, se generan nuevas tecnologías y se trabaja en resolver la demanda de conocimientos. Este nivel lleva a

otros actores a innovar (Fichter, 2009), la coordinación a estos niveles definirá el éxito o fracaso de la red.

Un segundo nivel es el de intermediación o cadena de valor, en el que los actores (consultores públicos y privados, proveedores de insumos y clientes), juegan un papel de vincular la oferta y demanda de conocimientos entre el gobierno, universidades, empresas privadas, centros de investigación y el agricultor. Sin embargo, las actividades de un actor que se encuentra en este nivel, no sólo se limitan a intermediar, sino también a proveer otro tipo de servicios, gestionar recursos y resultados para los agricultores, con el objetivo de legitimar su posición. El éxito del trabajo estará en función del grado en el cual provea valor a los productores con los que trabaja.

Esto coincide con lo que menciona Howells (2006), sobre el hecho que los intermediarios de la innovación no operan en la base de una simple relación trídica (uno a uno y de este a otro), sino que se han involucrado en relaciones más complejas formado estructuras verticales y horizontales en las redes. Es por eso que los clientes (quienes compran los productos de los agricultores) también entran como intermediarios, pues está demostrado que desde el siglo XVIII son importantes diseminadores del conocimiento para mejorar los procesos de producción en la agricultura (Howells, 2006; Smith, 2002).

En el tercer nivel se encuentran los productores o bases para la innovación. El principio básico es que no se puede diseñar un plan de trabajo en el que se plantee llevar a cabo las mismas actividades con los productores, sin considerar que poseen características

diversas, como la capacidad para innovar y la capacidad para relacionarse con otras personas y a diferentes niveles.

La Figura 13 en el nivel de agricultores, presenta a los gestores homólogos como posibles campeones de la innovación, quienes de acuerdo a Coakes y Smith (2007) poseen el conocimiento social, político o interpersonal para influir en la aceptación de una innovación; las bases locales para la innovación juegan el papel de líderes de opinión y pueden funcionar como fuentes de información para el aprendizaje, mientras que los buscadores de información serán quienes diseminen la información a través de la red.

Lo anterior coincide con un estudio en productores de limón en México (Ekboir *et al.*, 2006) donde se encontró que la habilidad de los agricultores para explorar nuevas técnicas, depende de la diversidad de conexiones con diferentes fuentes de información. Iyengar *et al.*(2011) mencionan que los innovadores adoptan más rápido debido a su naturaleza de innovar pero también a sus relaciones.

Los resultados encontrados en los estudios empíricos, soportan la hipótesis de que el rol y posición de los actores involucrados en el proceso de innovación, afecta el desempeño para el aprendizaje y el flujo de información, así como los recursos para el fomento del proceso de innovación. Si bien este estudio no hace un análisis de costos y beneficios de aplicar un enfoque estratégico de redes de innovación, la participación en los proyectos de investigación analizados, permitió identificar que cuando existe una buena coordinación institucional, acompañada de un proceso de planeación, las cosas funcionan mejor.

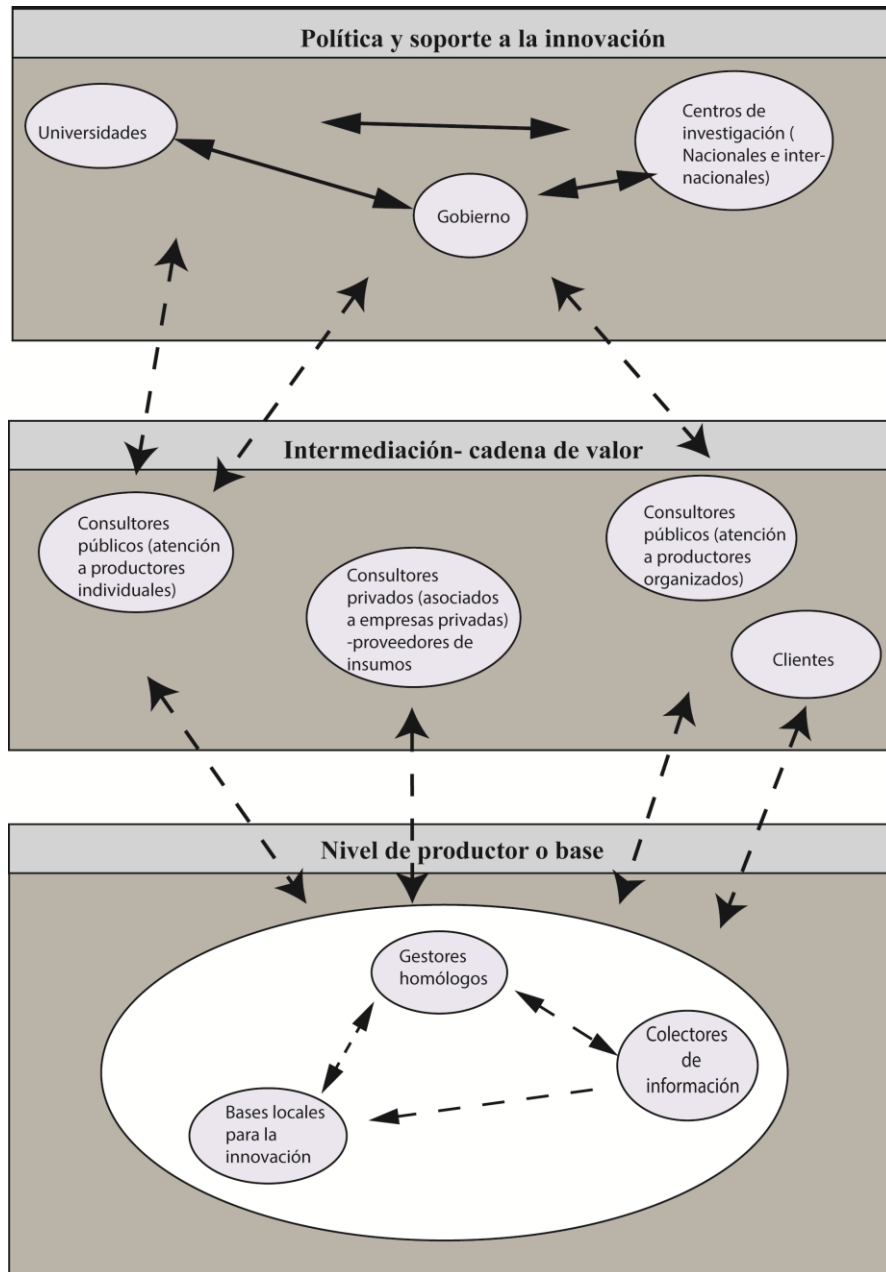


Figura 13. Niveles de influencia de una red de innovación en la agricultura

Fuente: adaptado de (Fichter, 2009) y (Klerkx y Aarts, 2013)

Nota: En el nivel base se caracteriza a una comunidad de innovación, como unidades objetivo para el fomento a la innovación.

¿Por qué es importante conocer la dinámica de innovación, la estructura de relaciones de aprendizaje y flujos de bienes y servicios para la planeación del fomento a la innovación?

En los estudios de maíz y hule, se demuestra que la dinámica de innovación es fundamental. En el caso de hule, el paquete de prácticas más atractivo para los productores y en el que se observaron los mayores cambios en el patrón de relaciones fue el de tecnologías para cosecha y post cosecha, pues de acuerdo a los productores, estas tecnologías les dieron resultados en el corto plazo con una inversión mínima. Una iniciativa debe identificar esos ganchos tecnológicos que generen ambientes de confianza entre los agricultores y las iniciativas para dinamizar el proceso de innovación, seguido de una planeación en el mediano y largo plazo.

En los diferentes niveles de la red existen innovadores que son capaces de generar cambios, pero también que restringen u obstaculizan la innovación. Se deben detectar lo que aquí llamamos estructuras expansoras y supresoras de la innovación, como elementos a considerar para incrementar la probabilidad de fijación de una innovación.

Finalmente, una red de innovación requiere de una visión en el corto y largo plazo, elegir el modelo adecuado de intervención dependerá de objeto de la red y el ambiente institucional en el que se desenvuelve, pero, es importante considerar un análisis de los que participan en la red, el modelo de gobernanza u orquestación más adecuado, los objetivos al momento de orquestar la red, y las estrategias más adecuadas para administrarla, de lo contrario, se puede navegar sin rumbo, con una alta probabilidad de fracaso.

Lo anterior refuerza la hipótesis final que para la construcción y/o reconfiguración efectiva de redes de innovación se requiere analizar cuatro elementos de importancia: una población que define un mercado específico (jala); tecnologías (empujan) con diferente grado de aceptación o rechazo en ambientes locales, innovadores como actores a diferentes niveles que restringen o promueven el proceso de innovación y, el modelo de intervención como herramienta para definir recursos y forma de orquestar de la red.

6.2. Alcances de investigación

El éxito o fracaso de una red de innovación se ve afectado por el contexto en el que se desarrolla. Aquí se mencionan algunos de los aspectos restrictivos a considerar en la orquestación de redes de innovación agrícola.

El primer elemento tiene que ver con competencias para analizar y orquestar una red. Para el análisis de una red, además de conocer el contexto se requiere del dominio de herramientas teórico metodológicas que permitan realizar un análisis tanto estructural como de gobernanza en la red. Se deben desarrollar competencias profesionales en el tema.

El segundo elemento está relacionado con restricciones normativas del diseño de política, pues mientras el discurso se centra en innovar y construir redes para mejorar el intercambio de conocimiento, los instrumentos de política no consideran promover esos elementos. Por ejemplo, el componente de desarrollo de capacidades y extensionismo rural de la SAGARPA, tiene el siguiente objetivo.

“El objetivo específico es fomentar el desarrollo de capacidades de los productores, sus organizaciones, las familias rurales, otros actores que realizan oficios, así como las instituciones especializadas en la capacitación e investigación, en los sectores agropecuarios, acuícolas y pesqueros, en el marco del sistema nacional de desarrollo de capacidades, innovación tecnológica y extensionismo, que facilite el acceso al conocimiento, información y uso de tecnologías modernas; su interacción con sus socios estratégicos en investigación, educación, agronegocios y el mercado; y el desarrollo de sus propias habilidades y prácticas técnicas, organizacionales y gerenciales” (ROP, 2013, SAGARPA).

En los objetivos, claramente se distingue la inclusión de diversos actores mediante el enfoque de un sistema de innovación que facilite el acceso al conocimiento mediante la interacción. Esta visión incluye una visión sistémica con énfasis en la promoción de redes de colaboración para lograr los objetivos. Sin embargo, al revisar los conceptos de apoyo, el pago a los asesores técnicos está dado por el número de productores que atiendan (sin rebasar los montos) y no por la planeación estratégica que realice el asesor.

Dentro del objetivo está fomentar la interacción o trabajo en red, pero, en los conceptos de apoyo, en ningún apartado se aborda un incentivo para fomentar la participación de diferentes actores que agreguen valor al sistema a través del acceso al conocimiento, información y uso de tecnologías. Además, como se ha mencionado, los instrumentos de política privilegian atender la inversión en bienes privados más que en bienes públicos.

En México, es necesario desarrollar competencias personales e institucionales para el trabajo en red. Los intentos que se han dado, son resultado de iniciativas aisladas que

han probado ser efectivas cuando se aplican con rigor y métodos adecuados. Sin embargo, a pesar que el umbral de política es estrecho y los cambios poco probables, es posible hacer grandes cambios aún con pequeños cambios en la forma de diseñar y operar iniciativas de fomento al desarrollo tecnológico.

6.3. Conclusiones

El sector agropecuario en México es un sistema complejo y dinámico, en el que interviene un número importante de actores con diferentes roles e intereses. A pesar que los sistemas de producción del país son diversos en producto, tamaño, nivel capitalización, condiciones geográficas y alcances del mercado, existe consenso general que aplicar conocimiento e innovar en esos sistemas de producción, puede mejorar el desempeño y beneficios que obtiene el sector agropecuario. ¿Por qué proponer las redes de innovación como un marco estratégico para la transferencia de nuevas tecnologías al sector rural?

Cualquier producto que llega a nuestras manos es resultado de la participación de muchas personas (individuales o en grupo) que bajo un proceso definido, estructuran sus actividades para satisfacer nuestras necesidades básicas de consumo. Para desarrollar esas actividades los seres humanos trabajamos en red, estableciendo relaciones sociales, tecnológicas y económicas.

Las personas trabajan en red de forma consciente o inconsciente, las relaciones que establecen con otros pueden ser de cooperación (cuando se unen para alcanzar un

objetivo) o de competencia (cuando requieren ganar un mercado). Lo más importante es que las redes bajo el principio de la cooperación se pueden orientar para alcanzar un fin.

La tecnología para superar las restricciones en la producción agropecuaria se encuentra en las universidades y los centros de investigación, así como en el conocimiento de muchos productores del sector rural. Utilizar esa tecnología requiere un proceso de planeación y coordinación efectiva entre los que participan en la producción de un bien o servicio. Las redes de innovación son un marco de análisis y planeación para dar dirección a esas restricciones.

Este trabajo propone seis elementos a considerar en la construcción efectiva de redes de innovación: (i) el primero es definir la *tecnología* necesaria con base en la demanda del mercado, y la factibilidad de ser adaptada a las condiciones locales; (ii) el segundo identificar la *estructura* de la red de innovación, en la que existen diferentes niveles (soporte, intermediarios y bases), diferentes formas de operar (redes prescritas y emergentes), diferentes flujos (información, conocimiento, recursos) e intereses (supresores o promotores del proceso de innovación); (iii) el tercero es identificar el *modelo de orquestación* más adecuado con base en el nivel de participación de los integrantes, así como en los recursos disponibles; (iv) el cuarto se refiere a definir los *objetivos de la orquestación* a para garantizar la movilidad del conocimiento, estabilidad y munificencia en la red; (v) el quinto es establecer la *estrategia* de intervención, que consiste en localizar nodos críticos, segmentar la red, inducir comportamientos y modificar estructuras; y finalmente el (vi) sexto elemento referido a la evaluación de la

iniciativa de red (a nivel de comunidad, de intermediarios y de soporte), con el objetivo de mejorar los procesos de generación, intercambio y uso del conocimiento en la red.

En todo este proceso el análisis de redes sociales es una herramienta poderosa que, complementada con otras como los mapas de ruta tecnológica, las historias de innovación y las redes de valor, permiten analizar y proponer modelos y estrategias para la planeación y gestión de resultados.

6.4. Perspectivas de investigación

En México el estudio de redes es aún limitado comparado con otros países en los que la literatura y aplicación del análisis de redes se ha incrementado en forma considerable. Sin embargo, la investigación aplicada en el campo de la agricultura sigue siendo escasa. Existe una amplia oportunidad para abordar nuevas líneas de investigación, con énfasis en herramientas de colecta de información más precisas y análisis robustos que permitan hacer inferencias a la población objetivo.

Algunas líneas de investigación y temas en redes son la teoría de juegos (con muchas aplicaciones en los últimos años), como una forma de pensar acerca de interacciones estratégicas de un determinado grupo de personas, y cómo esas interacciones deben ser estructuradas. La teoría de juegos es un poderoso complemento a la teoría organizacional, económica y de política, y al análisis de las redes de innovación. Otro tema de importancia en redes es la cooperación, como una necesidad para construir nuevos niveles de organización en las sociedades.

La teoría de innovación con un enfoque de construcción de redes ha tenido un gran impacto en los tomadores de decisiones en los últimos años. Por tanto, es necesario innovar en el análisis de política, específicamente sobre temas de diseño, monitoreo y evaluación de las iniciativas, combinando herramientas para analizar elementos estructurales de esos programas y/o proyectos, el impacto regional que pueden tener y el éxito de las redes para mantener sus objetivos específicos bajo diferentes ambientes.

VII. REFERENCIAS

- Abdel-Ghany, Mohamed. 2012. "Identifying opinion leaders using social network analysis, a study in an egyptian village." *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences* 4(4):12-19.
- Ahrweiler, Petra, and MarkT Keane. 2013. "Innovation networks." *Mind & Society* 12(1):73-90.
- Allub, Leopoldo. 2001. "Aversión al riesgo y adopción de innovaciones tecnológicas en pequeños productores rurales de zonas áridas: un enfoque causal." *Estudios Sociologicos* 19(002):467-93.
- Arocena, Rodrigo, and Judith Sutz. 2012. "Research and innovation policies for social inclusion: an opportunity for developing countries." *Innovation and Development* 2(1):147-58.
- Barabasi, Albert-Laszlo. 2003. *Linked: How Everything is Linked to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life*: New York: Plume.
- Batterink, Maarten H., Emiel F. M. Wubben, Laurens Klerkx, and S. W. F. Omta. 2010. "Orchestrating innovation networks: The case of innovation brokers in the agri-food sector." *Entrepreneurship & Regional Development* 22(1):47-76.
- Bonacich, Phillip, and Paulette Lloyd. 2001. "Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations." *Social Networks* 23(3):191-201.
- Borgatti, Stephen. 2006. "Identifying sets of key players in a social network." *Computational & Mathematical Organization Theory* 12(1):21-34.
- Borgatti, Stephen P. 2005. "Centrality and network flow." *Social Networks* 27(1):55-71.
- Borgatti, Stephen P., Ajay Mehra, Daniel J. Brass, and Giuseppe Labianca. 2009. "Network Analysis in the Social Sciences." *Science* 323(5916):892-95.
- Brooks, Sally, and Michael Loevinsohn. 2011. "Shaping agricultural innovation systems responsive to food insecurity and climate change." *Natural Resources Forum* 35(3):185-200.
- Brown, Molly E., and Christopher C. Funk. 2008. "Food Security Under Climate Change." *Science* 319(5863):580-81.
- Burt, Ronald S. 1980. "Models of Network Structure." *Annual Review of Sociology* 6:79-141.
- Burt, Ronald S. 1987. "Social Contagion and Innovation: Cohesion versus Structural Equivalence." *American Journal of Sociology* 92(6):1287-335.

- Butts, Carter T. 2010. "sna: Tools for Social Network Analysis. R package version 2.2-0. <http://CRAN.R-project.org/package=sna>."
- Coakes, Elayne, and Peter Smith. 2007. "Developing communities of innovation by identifying innovation champions." *Learning Organization* 14(1):74-85.
- CONACYT. 2011. "Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación." México, D.F.: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Conley, Timothy G., and Christopher R. Udry. 2010. "Learning about a New Technology: Pineapple in Ghana." *American Economic Review* 100(1):35-69.
- Conley, Timothy, and Christopher Udry. 2001. "Social Learning Through Networks: The Adoption of New Agricultural Technologies in Ghana." *American Journal of Agricultural Economics* 83(3):668-73.
- Csardi, Gabor, and Tamas Nepusz. 2012. "The igraph software package for complex network research. <http://igraph.sf.net>."
- Chilton, Michael A., and James M. Bloodgood. 2008. "The Dimensions of Tacit & Explicit Knowledge: A Description and Measure." *International Journal of Knowledge Management* 4(2):75-91.
- Dhanasai, Charles, and Arvind Parkhe. 2006. "Orchestrating Innovation Networks." *The Academy of Management Review* 31(3):659-69.
- Díaz, Julio, Roberto Rendón, Jorge Aguilar, y Manrubbio Muñoz-Rodríguez. 2013. "Análisis dinámico de redes en la difusión de innovaciones agrícolas." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(7):1095-102.
- Diario Oficial de la Federación. 2001. "Ley de Desarrollo Rural Sustentable." Cámara de Diputados. México, D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 2013. "Reglas de Operación SAGARPA." Diario Oficial de la Federación. México, D.F.:
- Easley, David, and Jon Kleinberg. 2010. *Networks, crowds, and markets : reasoning about a highly connected world*. New York: Cambridge University Press.
- Ebbers, Joris J., and Nachoem M. Wijnberg. 2010. "Disentangling the effects of reputation and network position on the evolution of alliance networks." *Strategic Organization* 8(3):255-75.
- Ekboir, Javier M., Manrubbio Muñoz, Jorge Aguilar, Roberto Rendón, José García Muñiz, and Reyes Altamirano Cárdenas. 2006. "On the uneven distribution of innovative capabilities and why that matters for research, extension and development policies." Washington, DC: International Service for National Agricultural Research (ISNAR) Division.
- Ekboir, Javier, and Riikka Rajalahti. 2012. "Coordination and collective action for agricultural innovation." Pp. 15-33 in *Agricultural Innovation Systems: an Investment Sourcebook*, edited by The World Bank. Washington, D.C.: The World Bank.

- Esman, Milton J., and Norman T. Uphoff (Eds.). 1988. *Local Organizations, Intermediaries in Rural Development*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- FAO. 2006. "Análisis integral del gasto público agropecuario en México." edited by Proyecto evaluación de Alianza para el Campo 2006. México, D.F.
- Federico, Ainhoa. 2005. "El análisis dinámico de redes sociales con SIENA - Método, Discusión y Aplicación." *Empiria revista de metodología de ciencias sociales* 10:151-84.
- Fichter, Klaus. 2009. "Innovation communities: the role of networks of promoters in Open Innovation." *R&D Management* 39(4):357-71.
- Foster, Andrew D., and Mark R. Rosenzweig. 1995. "Learning by Doing and Learning from Others: Human Capital and Technical Change in Agriculture." *Journal of Political Economy* 103(6):1176-209.
- Foster, Christopher, and Richard Heeks. 2013. "Conceptualising Inclusive Innovation: Modifying Systems of Innovation Frameworks to Understand Diffusion of New Technology to Low-Income Consumers." *European Journal of Development Research* 25(3):333-55.
- Freeman, C. 1991. "Networks of innovators: A synthesis of research issues." *Research Policy* 20(5):499-514.
- Freeman, Chris. 1995. "The 'National System of Innovation' in historical perspective." *Cambridge Journal of Economics* 19(1):5-24.
- Freeman, Linton C. 1978. "Centrality in social networks conceptual clarification." *Social Networks* 1(3):215-39.
- Freeman, Linton C. 2004. *The development of social network analysis: a study in the sociology of science*. Vancouver, BC Canada: Empirical Press.
- Friedrich, Theodor, and Amir Kassam. 2009. "Adoption of Conservation Agriculture Technologies: Constraints and Opportunities." Pp. 257-64 in *4th World Congress on Conservation Agriculture*. New Delhi, India.
- Gagalyuk, Taras, and JonH Hanf. 2013. "Networks and Their Goals: Implications for Strategic Chain Management." Pp. 107-23 in *Network Governance*, edited by Thomas Ehrmann, Josef Windsperger, Gérard Cliquet, and George Hendrikse: Springer Berlin Heidelberg.
- Gamboa, Vladimir Gonzalez, Jan Barkmann, and Rainer Marggraf. 2010. "Social network effects on the adoption of agroforestry species: Preliminary results of a study on differences on adoption patterns in Southern Ecuador." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 4:71-82.
- Gershon, Feder, Richard E. Just, and David Zilberman. 1985. "Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey." *Economic Development and Cultural Change* 33(2):255-98.
- Girvan, M., and M. E. J. Newman. 2002. "Community structure in social and biological networks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(12):7821-26.

- Godin, Benoît. 2012. "'Innovation Studies': The Invention of a Specialty." *Minerva* 50(4):397-421.
- Granovetter, Mark S. 1973. "The Strength of Weak Ties." *American Journal of Sociology* 78(6):1360-80.
- Hadjikhani, Amjad, and Peter Thilenius. 2005. "The impact of horizontal and vertical connections on relationships' commitment and trust." *Journal of Business & Industrial Marketing* 20(3):136-47.
- Hall, A. 2012. "Partnerships in agricultural innovation." in *Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems*: OECD Publishing.
- Hanneman, Robert A., and Mark Riddle. 2005. "Introduction to social network methods." edited by University of California. Riverside, California.
- Hartwich, Frank, and Urs Scheidegger. 2010. "Fostering innovation networks: the missing piece in rural development?" Pp. 70-75: *Rural Development News*.
- Hermans, Frans, Marian Stuiver, P. J. Beers, and Kasper Kok. 2013. "The distribution of roles and functions for upscaling and outscaling innovations in agricultural innovation systems." *Agricultural Systems* 115(0):117-28.
- Hobbs, Peter R, Ken Sayre, and Raj Gupta. 2008. "The role of conservation agriculture in sustainable agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1491):543-55.
- Howells, Jeremy. 2006. "Intermediation and the role of intermediaries in innovation." *Research Policy* 35(5):715-28.
- Hurmelinna-Laukkanen, Pia, Heidi Olander, Kirsimarja Blomqvist, and Victoria Panfilii. 2012. "Orchestrating R&D networks: Absorptive capacity, network stability, and innovation appropriability." *European Management Journal* 30(6):552-63.
- Ibarra, Herminia. 1992. "Structural alignments, individual strategies, and managerial action : elements toward a network theory of getting things done." in *Networks and organizations*, edited by Nitin Nohria and Robert G. Eccles. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- INEGI. 2007. "Censo Agrícola Ganadero y Forestal." México.
- INEGI. 2012a. "Conociendo México." Pp. 84: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (Ed.). 2012b. *El recurso tierra en las unidades de producción, Censo agropecuario 2007*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Iyengar, Raghuram, Christophe Van den Bulte, and Thomas W. Valente. 2011. "Opinion Leadership and Social Contagion in New Product Diffusion." *Marketing Science* 30(2):195-212.
- Jaccard, Paul. 1900. "Contributions au problème de l'immigration post-glaciaire de la flore alpine." *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 37:547-79.

- Jackson, Matthew O. 2011. "Chapter 12 - An Overview of Social Networks and Economic Applications." Pp. 511-85 in *Handbook of Social Economics*, edited by Alberto Bisin Jess Benhabib and O. Jackson Matthew: North-Holland.
- Jackson, Matthew O., and Leeat Yariv. 2011. "Chapter 14 - Diffusion, Strategic Interaction, and Social Structure." Pp. 645-78 in *Handbook of Social Economics*, edited by Alberto Bisin Jess Benhabib and O. Jackson Matthew: North-Holland.
- Jensen, Morten Berg, Björn Johnson, Edward Lorenz, and Bengt Åke Lundvall. 2007. "Forms of knowledge and modes of innovation." *Research Policy* 36(5):680-93.
- Joyce, Karen E., Paul J. Laurienti, Jonathan H. Burdette, and Satoru Hayasaka. 2010. "A New Measure of Centrality for Brain Networks." *PLoS ONE* 5(8):e12200.
- Kennel, Charles F. 2013. "Knowledge action networks and regional climate change adaptation." *Technovation* 33(4-5):107.
- Klerkx, Laurens, and Noelle Aarts. 2013a. "The interaction of multiple champions in orchestrating innovation networks: Conflicts and complementarities." *Technovation* Forthcoming (0).
- Klerkx, Laurens, and Noelle Aarts. 2013b. "The interaction of multiple champions in orchestrating innovation networks: Conflicts and complementarities." *Technovation* 33(6-7):193-210.
- Klerkx, Laurens, Noelle Aarts, and Cees Leeuwis. 2010. "Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment." *Agricultural Systems* 103(6):390-400.
- Klerkx, Laurens, and Cees Leeuwis. 2008. "Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: Experiences with innovation intermediaries." *Food Policy* 33(3):260-76.
- Klerkx, Laurens, Barbara Mierlo, and Cees Leeuwis. 2012. "Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions .Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic." Pp. 457-83, edited by Ika Darnhofer, David Gibbon, and Benoît Dedieu: Springer Netherlands.
- Klerkx, Laurens, and Amy Proctor. 2013. "Beyond fragmentation and disconnect: Networks for knowledge exchange in the English land management advisory system." *Land Use Policy* 30(1):13-24.
- Kostoff, R. N., and R. R. Schaller. 2001. "Science and technology roadmaps." *Engineering Management, IEEE Transactions on* 48(2):132-43.
- Lahmar, Rabah. 2010. "Adoption of conservation agriculture in Europe: Lessons of the KASSA project." *Land Use Policy* 27(1):4-10.
- Levén, Per, Jonny Holmström, and Lars Mathiassen. 2013. "Managing research and innovation networks: Evidence from a government sponsored cross-industry program." *Research Policy* (0).

- Lieberman, Erez, Christoph Hauert, and Martin A. Nowak. 2005. "Evolutionary dynamics on graphs." *Nature* 433(7023):312-16.
- Lobell, D., and M. Burke. 2010. "Economic impacts of climate change on agriculture to 2030." Pp. 38-49 in *Climate change and crop production*, edited by M. P. Reynolds.
- Lundvall, Bengt-Årke. 2011. "Notes on innovation systems and economic development." *Innovation and Development* 1(1):25-38.
- Maertens, Annemie, and Christopher B. Barrett. 2012. "Measuring Social Networks' Effects on Agricultural Technology Adoption." *American Journal of Agricultural Economics*.
- Martinez, Martha A., and Howard E. Aldrich. 2011. "Networking strategies for entrepreneurs: balancing cohesion and diversity " *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research* 17(1):7-38.
- Matuschke, Ira, and Matin Qaim. 2009. "The impact of social networks on hybrid seed adoption in India." *Agricultural Economics* 40(5):493-505.
- Meyer, Wolfgang, and Sebastian Elbe. 2006. "Evaluation of Local Network Governance." in *Impact Assessment for a New Europe and Beyond*, edited by George C. and Kirkpatrick C.: Center for Evaluation.
- Monge, Mario, Frank Hartwich, and Daniel Halgin. 2008. "How change agents and social capital influence adoption of innovations among small farmers: evidence from social networks in rural Bolivia." *IFPRI, Discussion paper 00761*.
- Muñoz-Rodríguez, Manrubio, and Reyes Altamirano-Cárdenas. 2008. "Modelos de innovación en el sector agroalimentario mexicano." *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 5(2):185-212.
- Muñoz, Manrubio, and V. H. Santoyo. 2010. "Pautas para desarrollar redes de innovación rural." Pp. 71-100 in *Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural*, edited by V. H. Santoyo. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM.
- Nair, K. P. Prabhakaran. 2010. "8 - Rubber (*Hevea brasiliensis*)." Pp. 237-73 in *The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World*. London: Elsevier.
- Nambisan, Satish, and Mohanbir Sawhney. 2011. "Orchestration Processes in Network-Centric Innovation: Evidence From the Field." *Academy of Management Perspectives* 25(3):40-57.
- Nederhof, A. J. 1990. "Between accommodation and orchestration: The implementation of the science policy priority for biotechnology in the Netherlands." *Research Policy* 19(4):379-86.
- Nelson, Richard R. 2011. "Economic development as an evolutionary process." *Innovation and Development* 1(1):39-49.

- Newman, M. E. J. 2002. "Assortative Mixing in Networks." *Physical Review Letters* 89(20):208701.
- Nowak, M. A., and Roger Highfield. 2011. *SuperCooperators : altruism, evolution, and why we need each other to succeed*. New York: Free Press.
- Nyblom, Jukka, Steve Borgatti, Juha Roslakka, and Mikko A. Salo. 2003. "Statistical analysis of network data--an application to diffusion of innovation." *Social Networks* 25(2):175-95.
- OECD. 1999. "Managing National Innovation Systems." Pp. 188. Paris: OCDE.
- Petrick, IreneJ. 2013. "Networked Innovation: Using Roadmapping to Facilitate Coordination, Collaboration and Cooperation." Pp. 31-46 in *Technology Roadmapping for Strategy and Innovation*, edited by Martin G. Moehrle, Ralf Isenmann, and Robert Phaal: Springer Berlin Heidelberg.
- Phaal, R., C. J. P. Farrukh, and D. R. Probert. 2007. "Strategic Roadmapping: A Workshop-based Approach for Identifying and Exploring Strategic Issues and Opportunities." *Engineering Management Journal* 19(1):3-12.
- Phaal, Robert; Farrukh, Clare; Probert, David 2004. "Customizing Roadmapping." *Research-Technology Management* 47(2):26-37.
- Powell, Walter W., and Stine Grodal. 2006. "Networks of Innovators." Pp. 56-85 in *The Oxford Handbook of Innovation*, edited by Richard R. Nelson, David C. Mowery, and Jan Fagerberg. Oxford: Oxford University Press.
- Pretty, Jules. 2008. "Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1491):447-65.
- Price, Derek De Solla. 1976. "A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes." *Journal of the American Society for Information Science* 27(5):292-306.
- Provan, Keith G., and Patrick Kenis. 2008. "Modes of Network Governance: Structure, Management, and Effectiveness." *Journal of Public Administration Research and Theory* 18(2):229-52.
- Raab, Jörg, Remco S. Mannak, and Bart Cambré. 2013. "Combining Structure, Governance, and Context: A Configurational Approach to Network Effectiveness." *Journal of Public Administration Research and Theory*.
- Rajalahati, Riika. 2012. "Agricultural Innovation Systems : an investment sourcebook." edited by The World Bank. Washington, D.C.
- Ravasz, Erzsébet, and Albert-László Barabási. 2003. "Hierarchical organization in complex networks." *Physical Review E* 67(2):026112.
- Reynolds, Matthew P., Jonathan Hellin, Bram Govaerts, Petr Kosina, Kai Sonder, Peter Hobbs, and Hans Braun. 2012. "Global crop improvement networks to bridge technology gaps." *Journal of Experimental Botany* 63(1):1-12.

- Ripley, Ruth M., Tom A.B. Snijders, and Paulina Preciado Lopez. 2010. "Manual for SIENA version 4.0." edited by Department of Statistics University of Oxford. Oxford: University of Oxford.
- Rogers, Everett M. 1976. "New Product Adoption and Diffusion." *Journal of Consumer Research* 2(4):290-301.
- Rogers, Everett M. 1995. *Diffusion of innovations*. New York: The Free Press.
- Rogers, Everett M., and Dilip K. Bhowmik. 1970. "Homophily-Heterophily: relational concepts for communication research." *Public Opinion Quarterly* 34(4):523-38.
- Russo, Margherita, and Federica Rossi. 2009. "Cooperation Networks and Innovation: A Complex Systems Perspective to the Analysis and Evaluation of a Regional Innovation Policy Programme." *Evaluation* 15(1):75-99.
- Scopel, Eric, Bernard Triomphe, François Affholder, FernandoAntonioMacena Silva, Marc Corbeels, JoséHumbertoValadares Xavier, Rabah Lahmar, Sylvie Recous, Martial Bernoux, Eric Blanchart, Ieda Mendes, and Stéphane Tourdonnet. 2013. "Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts. A review." *Agronomy for Sustainable Development* 33(1):113-30.
- Scott, John. 2000. *Social network analysis : a handbook*. London; Thousands Oaks, Calif.: SAGE Publications.
- Schmookler, Jacob. 1962. "Economic Sources of Inventive Activity." *The Journal of Economic History* 22(1):1-20.
- Silverberg, Gerald, Giovanni Dosi, and Luigi Orsenigo. 1988. "Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-Organisation Model." *The Economic Journal* 98(393):1032-54.
- Smith, Colin. 2002. "The wholesale and retail markets of London, 1660–1840." *The Economic History Review* 55(1):31-50.
- Snijders, Tom A. B. 2001. "The Statistical Evaluation of Social Network Dynamics." *Sociological Methodology* 31(1):361-95.
- Snijders, Tom A. B. 2005. "Models for longitudinal network data." Pp. 215-47 in *Models and methods in social network analysis*, edited by Peter J. Carrington, John Scott, and Stanley Wasserman. New York: Cambridge University Press.
- Snijders, Tom A. B., Christian E. G. Steglich, and Schweinberger Michael. 2007. "Modeling the co-evolution of networks and behavior." Pp. 41-71 in *Longitudinal models in the behavioral and related sciences*, edited by Kees van Montfort, Han Oud, and Albert Satorra. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Snijders, Tom A. B., Gerhard G. van de Bunt, and Christian E. G. Steglich. 2010. "Introduction to stochastic actor-based models for network dynamics." *Social Networks* 32(1):44-60.

- Spielman, David, Kristin Davis, Martha Negash, and Gezahegn Ayele. 2011. "Rural innovation systems and networks: findings from a study of Ethiopian smallholders." *Agriculture and Human Values* 28(2):195-212.
- Spielman, David J., Javier Ekboir, and Kristin Davis. 2009. "The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture." *Technology in Society* 31(4):399-405.
- Stoneman, Paul, and Paul Diederer. 1994. "Technology Diffusion and Public Policy." *The Economic Journal* 104(425):918-30.
- Strang, David, and John W. Meyer. 1993. "Institutional conditions for diffusion." *Theory and Society* 22(4):487-511.
- Sunding, David, David Zilberman, L. Gardner Bruce, and C. Rausser Gordon. 2001. "Chapter 4 The agricultural innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector." Pp. 207-61 in *Handbook of Agricultural Economics*: Elsevier.
- Thierfelder, C., and P. C. Wall. 2011. "Reducing the Risk of Crop Failure for Smallholder Farmers in Africa Through the Adoption of Conservation Agriculture." Pp. 1269-77 in *Innovations as Key to the Green Revolution in Africa*, edited by Andre Bationo, Boaz Waswa, Jeremiah M. Okeyo, Fredah Maina, and Job Maguta Kihara: Springer Netherlands.
- Valente, Thomas W. 1996. "Social network thresholds in the diffusion of innovations." *Social Networks* 18(1):69-89.
- Valente, Thomas W. 2012. "Network Interventions." *Science* 337(6090):49-53.
- Valente, Thomas W., Kathryn Coronges, Cynthia Lakon, and Elizabeth Costenbader. 2008. "How Correlated Are Network Centrality Measures?" Pp. 16-26 in *Connect (Tor), NIHPA manuscripts*: National Institutes of Health.
- Valente, Thomas W., and Kayo Fujimoto. 2010. "Bridging: Locating critical connectors in a network." *Social Networks* 32(3):212-20.
- van der Valk, Tessa, Maryse M. H. Chappin, and Govert W. Gijsbers. 2011. "Evaluating innovation networks in emerging technologies." *Technological Forecasting and Social Change* 78(1):25-39.
- van Duijn, Marijtje A. J., Jooske T. van Busschbach, and Tom A. B. Snijders. 1999. "Multilevel analysis of personal networks as dependent variables." *Social Networks* 21(2):187-210.
- Vonortas, Nicholas S. 2013. "Social networks in R&D program evaluation." *The Journal of Technology Transfer* 38(5):577-606.
- Wasserman, Stanley, and Katherine Faust. 1994. *Social Network Analysis, Methods and applications*: Cambridge University Press.
- Wasserman, Stanley, John Scott, and Peter J. Carrington. 2005. *Models and Methods in Social Network Analysis*. New York, USA: Cambridge University Press.

- Wejnert, Barbara. 2002. "Integrating Models of Diffusion of Innovations: A Conceptual Framework." *Annual Review of Sociology* 28(ArticleType: research-article / Full publication date: 2002 / Copyright © 2002 Annual Reviews):297-326.
- Wejnert, Cyprian. 2010. "Social network analysis with respondent-driven sampling data: A study of racial integration on campus." *Social Networks* 32(2):112-24.
- Wellman, Barry. 1983. "Network Analysis: Some Basic Principles." *Sociological Theory* 1:155-200.
- Wenger, Etienne, Richard A. McDermott, and William Snyder. 2002. *Cultivating communities of practice : a guide to managing knowledge*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- Whitmeyer, Joseph M. 1994. "Why Actor Models Are Integral to Structural Analysis." *Sociological Theory* 12(2):153-65.
- Wickham, Hadley (Ed.). 2009. *ggplot2, Elegant Graphics for Data Analysis*: Springer New York.
- Wu, Bin, and Jules Pretty. 2004. "Social connectedness in marginal rural China: The case of farmer innovation circles in Zhidan, north Shaanxi." *Agriculture and Human Values* 21(1):81-92.
- Wu, Bin, and Liyan Zhang. 2013. "Farmer innovation diffusion via network building: a case of winter greenhouse diffusion in China." *Agriculture and Human Values*:1-11.
- Young, H. Peyton. 2009. "Innovation Diffusion in Heterogeneous Populations: Contagion, Social Influence, and Social Learning." *The American Economic Review* 99(5):1899-924.