



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

ANÁLISIS DE REDES SOCIALES EN LA AGRICULTURA: EL MAÍZ EN MÉXICO

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

PRESENTA

JUAN MANUEL AGUIRRE LÓPEZ

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

IGNACIO CAAMAL CAUICH, DOCTOR

JULIO DÍAZ JOSÉ, DOCTOR



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
SECRETARÍA DE EXÁMENES PROFESIONALES



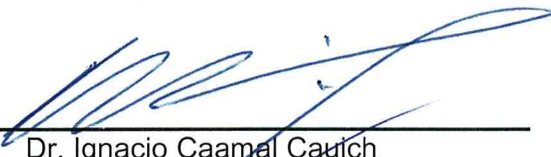
Chapingo, Estado de México, diciembre 2019

ANÁLISIS DE REDES SOCIALES EN LA AGRICULTURA: EL MAÍZ EN MÉXICO

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

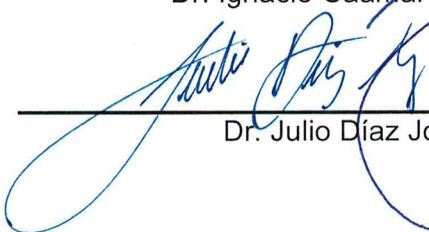
DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



Dr. Ignacio Caamal Caalch

CO DIRECTOR:



Dr. Julio Díaz José

ASESOR:



Dr. José María Salas González

ASESOR:



Dra. Elizabeth Roldán Suárez

LECTOR EXTERNO:



Dra. Bety Jamelyd López Torres

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
<i>Objetivos.....</i>	<i>5</i>
<i>Preguntas de la investigación</i>	<i>6</i>
<i>Hipótesis de la investigación</i>	<i>6</i>
1.3 Colecta de datos y métodos.....	7
1.4 Estructura del documento de titulación	8
1.5 Literatura citada	11
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA: EL ESTADO DEL ARTE DEL ANÁLISIS DE REDES SOCIALES EN LA AGRICULTURA	15
2.1 Antecedentes del análisis de redes sociales	15
2.1.1 <i>Conceptos en el análisis de redes sociales</i>	<i>17</i>
2.2.2 <i>Niveles de análisis de redes sociales</i>	<i>19</i>
2.2 Uso del análisis redes sociales en la agricultura	20
2.2.1 <i>Adopción de innovaciones bajo un enfoque de red</i>	<i>21</i>
2.2.2 <i>Uso del ARS en programas y proyectos gubernamentales</i>	<i>25</i>
2.2.3 <i>El comercio de productos agrícolas bajo un enfoque de red</i>	<i>27</i>
2.3 Literatura citada	31
CAPÍTULO 3. UNRAVELING INNOVATION NETWORKS IN CONSERVATION AGRICULTURE USING SOCIAL NETWORK ANALYSIS	40
3.1 Introduction	41
3.2 Methods	44
3.2.1 Data collection and management.....	44
3.2.2 The affiliation network and projection	45
<i>The affiliation networks.....</i>	<i>45</i>
<i>Network of actor co-memberships (smallholder farmers)</i>	<i>45</i>
<i>Network of events (innovations)</i>	<i>46</i>
<i>Innovation Adoption Index.....</i>	<i>46</i>

3.2.3 Data analysis	47
3.3 Results and discussion	48
<i>Actors and CA practices</i>	48
<i>Pattern of agricultural practices</i>	50
<i>Innovation adoption based on network and individual attributes</i>	53
3.4 Conclusions	58
3.5 References	59
CAPÍTULO 4. EL ANÁLISIS DE LA RED GLOBAL DE COMERCIO DE MAÍZ.....	65
4.1 Introducción	66
4.1.1 Contexto internacional de la comercialización del maíz	68
4.2 Materiales y métodos	70
4.3 Resultados y discusión	73
4.4 Conclusiones	83
4.5 Literatura citada	85
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES	92
5.1 Principales hallazgos	92
5.2 Limitantes de la investigación	94
5.3 Conclusiones y recomendaciones.....	94
5.4 Perspectivas de investigación	96
ANEXOS	97

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2-1. Conceptos claves en el análisis de redes sociales.	19
Cuadro 2-2. Aplicaciones del ARS en la agricultura en México.	21
Cuadro 2-3. Innovación, agricultura, productores y redes: relación de estudios.	25
Cuadro 2-4. Uso del ARS en la comercialización de productos.....	29
Cuadro 3-1. Descriptive statistics and Pearson's correlation coefficients for network structural and individual attributes.	56
Cuadro 3-2. MR-QAP regression model.	57
Cuadro 4-1 Indicadores del ARS usados y su interpretación básica en el contexto de la investigación.	72
Cuadro 4-2. Estadísticos descriptivos para ambos momentos de análisis.	73
Cuadro 4-3. Indicadores de redes de acuerdo con el momento de análisis.	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Organización del documento de titulación	9
Figura 2-1. Precursores y desarrollo del análisis de redes sociales	16
Figura 2-2. Áreas de aplicación del ARS durante 1995-2020	17
Figura 2-3. Ejemplo de una red con cinco nodos y sus vínculos	18
Figura 3-1. Chord diagram of the one-mode CA practices network and information sources.....	49
Figura 3-2a. Correlation matrix heat map shows how each practice is adopted from each other, ranging from 1 (positive - blue) to -1 (negative - red), using Yule's Q correlation indicator..... 3-2b. A cluster analysis shows bundles of practices in the emerging adoption pattern. The height of the fusion on the vertical axis indicates the dissimilarity (using Euclidean distance) between two observations. The higher the distance is, less similar the observations are.....	52
Figura 4-1. Principales productores, exportadores e importadores de maíz en 2017.....	69
Figura 4-2. Precios históricos internacionales de maíz 1994-2017.....	70
Figura 4-3. Histograma que representa los grados promedio de los nodos (países) en los momentos de análisis.....	74
Figura 4-4. Diagrama de cuerdas del intercambio comercial entre los principales países importadores y exportadores de maíz en los años 2005 y 2016	77
Figura 4-5. Redes de comercio internacional de maíz 2005.....	80
Figura 4-6. Redes de comercio internacional de maíz 2016.....	81

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz ponderada del comercio global de maíz 2005.	97
Anexo 2. Matriz binaria del comercio global de maíz 2005.....	98
Anexo 3. Matriz ponderada del comercio global de maíz 2016.	99
Anexo 4. Matriz binaria del comercio global de maíz 2016.....	100
Anexo 5. Scripts R para graficar las redes circulares de los principales países exportadores e importadores	101

ABREVIATURAS USADAS

AC	Agricultura de Conservación
AGI	Agencias de Gestión de la Innovación
ARS	Análisis de Redes Sociales
CIESTAAM	Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y, la Agricultura Mundial
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
DICEA	División de Ciencias Económico Administrativas
EE. UU.	Estados Unidos de América
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAOSTAT	División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
MasAgro	Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SE	Secretaría de Economía
SNA	Social Network Analysis (ARS)
SIAP	Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera
SICE	Sistema de Información de Comercio Exterior
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
UACH	Universidad Autónoma Chapingo
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

DEDICATORIA

Sin duda que no podría ser una dedicatoria absoluta, sin considerar a quienes me alentaron a concluir este peldaño en mi vida profesional:

A mi madre, la Sra. Olivia López, quien en todo momento desde mi nacimiento ha estado al pendiente de mi bienestar, aún a estas alturas de mi vida, siempre con ese amor único, que sólo una madre puede brindar.

A mi padre, el Sr. Juan Manuel Aguirre T., quien de manera permanente me ha otorgado su apoyo estricto e incondicional en mi desarrollo personal y profesional. Un ejemplo de vida y superación permanente.

A la mujer que, desde hace más de dos décadas, hemos compartido gratos momentos de vida, siempre con ese amor incondicional, aún en esos momentos difíciles propios del matrimonio, mi esposa María Guadalupe.

A mis hijas, María Fernanda y María José por ser mi inspiración, motor de vida y razón de luchar día a día por su bienestar y el propio.

A quienes han confiado en mi dirección empresarial de AgriDrones México, una empresa que será referente en el país y más allá de sus fronteras.

A mis familiares y amigos; que sin amigos... uno es nada en la vida.

Juan Manuel Aguirre López

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, mi eternamente amada alma mater.

A la División de Ciencias Económicas Administrativas por abrirme sus puertas; y producto de sus exigencias académicas, fortalecer mi preparación para alcanzar un mejor desempeño profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por contar con el privilegio de haberme permitido alcanzar un posgrado. Gracias por contribuir en mi crecimiento profesional y, con ello, en cierta medida al de México como país.

Al programa de movilidad Erasmus Mundus de la Unión Europea, *EulaLinks Sense* por haberme financiado una estancia académica de investigación doctoral en la Universidad de Ciencias de La Vida de Praga en la República Checa, obtenida a través de una convocatoria internacional. Donde tuve la oportunidad de interactuar con estudiantes y profesores de diferentes orígenes del orbe.

Al Dr. Ignacio Caamal Cauich, por la dirección de este trabajo y su permanente disposición a ayudar con absoluta humildad, cualidad que lo caracteriza.

Al Dr. Julio Díaz José por su profesionalismo en la codirección de esta investigación y acertados comentarios que la enriquecieron sustancialmente.

Al Dr. José María Salas González por su enorme capacidad y experiencia al asesorar con acertadas y francas aportaciones a este trabajo de investigación.

A la Dra. Elizabeth Roldán Suárez por el tiempo y disposición al asesorar este trabajo, más allá de las cuestiones académicas.

A todos los profesores que me han impartido enseñanzas a lo largo de mi vida

Y desde luego, a mis compañeros y amigos de esta etapa inolvidable.

Juan Manuel Aguirre López

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre:	Juan Manuel Aguirre López
Fecha de nacimiento:	7 de abril de 1972
Lugar de nacimiento:	Guadalajara, Jalisco
CURP:	AULJ720407HJCGPN07
Profesión:	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia
Cédulas profesionales:	7398578 (2012) & 10144027 (2016)

Desarrollo académico

Bachillerato	1987-1990. Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.
Licenciatura	1990-1994. Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
Maestría	2012-2015. Maestría en Estrategia Agroempresarial. CIESTAAM-UACH.
Estancia académica	2017-2018. Estancia doctoral en: Czech University of Life Sciences Prague, República Checa.
Participación en algunos eventos internacionales	Ponente en: VII Foro Internacional de Agronegocios y Sustentabilidad. Septiembre 20, 2019. División de Ciencias Socioeconómicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila. Ponente en: Sixth International Workshop on Social Network Analysis, May 15-17, 2017. Nápoles, Italia.

RESUMEN GENERAL

ANÁLISIS DE REDES SOCIALES EN LA AGRICULTURA: EL MAÍZ EN MÉXICO¹

El maíz en México juega un papel histórico preponderante en su agricultura. El objetivo de la presente investigación fue aplicar el análisis de redes sociales al estudio de la adopción de innovaciones entre pequeños productores de maíz y, el comercio mundial del grano. Con el fin de comprender la influencia de la red en las decisiones de adopción del productor y, la evolución global en sus intercambios comerciales. Esto se realizó integrando dos estudios: el primero, abordó los patrones de adopción de prácticas de agricultura de conservación de pequeños productores de maíz en el estado de Chiapas, México; y el segundo, analizó los flujos del comercio mundial del maíz. Para ello, la información fue obtenida de entrevistas a productores de maíz y, de bases de datos de exportación e importación del grano en dos momentos de análisis, 2005 y 2016. Los resultados indicaron, por un lado qué, en el proceso de adopción de prácticas de agricultura de conservación los productores toman decisiones interrelacionadas, afectadas por la estructura de la red y los atributos individuales; y por el otro, las redes del comercio global del maíz de los años analizados tuvieron cambios notables en sus estructuras, tanto el número de países involucrados, como en el nivel de interacción entre los mismos que aumentó, por lo que el valor de la densidad pasó de 27.2% a 35.7%. Posicionándose Estados Unidos y México como país líder exportador e importador, respectivamente. Se concluye que el análisis de redes sociales permitió comprender la afiliación de los productores con diferentes agentes fuentes de información y los cambios en los flujos del comercio global del maíz. Es así, como este análisis puede aplicarse a diferentes áreas de la agricultura desde perspectivas diferentes.

Palabras claves: agricultura, maíz, adopción de innovaciones, análisis de redes sociales, redes comerciales.

¹ Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Chapingo, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola

Autor: Juan Manuel Aguirre López

Director de tesis: Ignacio Caamal Cauich; Julio Díaz José

GENERAL ABSTRACT

SOCIAL NETWORK ANALYSIS IN AGRICULTURE: MAIZE IN MEXICO ²

Maize in Mexico plays a preponderant historical role in its agriculture. The objective of this research was to apply social network analysis to the study of the adoption of innovations among small maize farmers and, the world grain trade. In order to understand the influence of the network in the adoption decisions of the corn farmer and, the global evolution in its commercial exchanges. This was done by integrating two studies: the first one addressed the patterns of adoption of conservation agriculture practices of small maize farmers in the state of Chiapas, Mexico; and the second, analyzed the flows of world corn trade. For this, the information was obtained from interviews with maize farmers and from export and import of grain databases at two moments of analysis, 2005 and 2016. The results indicated, on the one hand what, in the process of adopting conservation agriculture practices farmers make interrelated decisions, affected by the structure of the network and individual attributes; and on the other, the global maize trade networks of the years analyzed had significant changes in their structures, both the number of countries involved as well as the level of interaction between them increased, so the value of density went from 27.2% to 35.7%. Positioning the United States of America and Mexico as a leading exporting and importing country, respectively. It is concluded that the analysis of social networks allowed us to understand the affiliation of farmers with different information sources agents and the changes in the flows of global maize trade. Thus, how this analysis can be applied to different areas of agriculture from different perspectives.

Keywords: agriculture, maize, innovation adoptions, social network analysis, trade networks.

² Doctoral Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Juan Manuel Aguirre López
Advisor: Ignacio Caamal Cauich; Julio Díaz José

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Antecedentes

México cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas, de las cuales 145 millones (73.2%) se dedican a la actividad agropecuaria y, a su vez, cerca de 30 millones de hectáreas (15.2%) son tierras de cultivo y 115 millones son de agostadero (SIAP, 2019). El maíz es uno de los cultivos más relevantes en el sector agroalimentario en México, se destinan 7.4 millones de hectáreas a su siembra y, aporta alrededor del 16.4% de los 104.9 millones de pesos del valor total de la producción agrícola en el país (INEGI, 2017).

El maíz es uno de los productos agrícolas con gran importancia cultural, social y económica en México, forma parte de la dieta alimenticia de los mexicanos, es fuente de ingresos para los productores rurales y representa parte de la identidad cultural del país (Lutz & Herrera, 2007; García-Salazar, Skaggs, & Crawford, 2011; Munguía-Aldama, Sánchez-Plata, Vizcarra-Bordi, & Rivas-Guevara, 2015). Existen dos regímenes hídricos de producción del cultivo en el país: riego y temporal; el sistema de producción bajo riego se caracteriza por un mayor uso de tecnologías basadas en la mecanización, tiene el 21.6% de la superficie sembrada con el grano, un rendimiento promedio de 8.6 t/ha y una producción de 13.6 millones de toneladas. En cambio, el régimen de temporal, representa el 78.4% del área destinada para la producción del cultivo, con una producción de 13.6 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 2.5 t/ha (SIAP, 2019).

México es el octavo productor de maíz en el mundo, y aporta el 2.0% de la producción mundial, presenta bajos índices de productividad promedio en el cultivo en comparación con los principales países productores. En 2017, el rendimiento promedio para el grano se situó en 3.8 t/ha, mientras que en Estados Unidos fue de 11.0 t/ha, y el promedio mundial en 4.7 t/ha. En los últimos años (2010-2017), la producción ha tenido un crecimiento del 2.5%, pero la demanda ha crecido a un ritmo más acelerado que ésta. Esto explica, en cierta medida, que México sea el primer importador del grano, en 2017 importó 15.33 millones

de toneladas, superando a Japón como líder importador durante la última década. Existe una balanza deficitaria entre la producción y consumo de maíz que cada año se ha incrementado, marcando así la tendencia creciente, particularmente de maíz amarillo, situación que establece una dependencia en el mismo sentido al grano del exterior, casi en su totalidad de origen estadounidense (95.7%), proveedor principal del mismo (FAOSTAT, 2019).

La producción interna es incapaz de satisfacer la demanda y los requerimientos crecientes del subsector pecuario para la alimentación de ganado. En este contexto, los riesgos actuales que amenazan la estabilidad y el crecimiento de la producción nacional de maíz y la creciente demanda de alimentos exigen modificar las estrategias utilizadas en uso de nuevas tecnologías que contribuyan a incrementar la productividad de los productores. Es imprescindible la colaboración de todos los actores involucrados en la cadena de valor del maíz, como los proveedores de semilla y otros insumos, productores, acopiadores, industrias de transformación, comercializadores y consumidores finales, dependencias de gobierno, centros de investigación y capacitación, proveedores de servicios, tales como financiamiento, logística, almacenamiento, seguro agrícola y asistencia técnica, entre otros.

Los sistemas de producción agrícola son cada vez más complejos en la medida que se incrementan las interacciones de los que participan en el proceso de producción, transformación, comercialización y consumo de un producto o insumo (Díaz, 2011). Los canales a través de los cuales fluyen los procesos de innovación e intercambios comerciales pueden ser múltiples y tienen características diferentes según el territorio (Tola & Contini, 2015). En el país, en los últimos años se ha hecho más visible el interés por desarrollar redes de colaboración y aprendizaje para crear capacidades locales, institucionales y desarrollar sistemas productivos, para el fomento de la productividad y competitividad de los sistemas de producción.

En México existen estrategias de intervención que están intentando gestionar tecnologías bajo un enfoque de red en el sector agropecuario (Muñoz-Rodríguez et al., 2007; Turrent-Fernández et al., 2014; Aguilar-Gallegos et al., 2016;). Las estrategias conciben que la innovación puede surgir a partir de la interacción que se da entre los diferentes actores que participan en un sistema de producción (Roldán- Suárez, 2018).

En el sentido anterior, resulta de interés entender la influencia de la red en la adopción de prácticas por los agricultores. Así como, sentar las bases para la comprensión de los flujos comerciales a nivel global de los productos agrícolas como el maíz, a través del uso de una herramienta metodológica como el análisis de redes sociales (ARS), con el fin de cuantificar y evaluar la interacción de los nodos en la red y los cambios que se suscitan en la misma.

1.2 Planteamiento del problema

Una red es un conjunto de actores o nodos con determinadas relaciones (sociales, técnicas, empresariales o comerciales) que los vinculan (Borgatti & Halgin, 2011). Las redes son diversas, no jerárquicas, dinámicas y abiertas por naturaleza, orientadas a una misión o propósito (Schwaab & Seibold, 2014). El ARS pretende analizar las formas en que individuos u organizaciones se conectan o están vinculados, con el fin de examinar la estructura de la red, sus grupos y la posición de los individuos u organizaciones, de modo que se profundice en las estructuras sociales que subyacen a los flujos de conocimiento o información, a los intercambios, o al poder (Sanz, 2003). Es decir, la estructura particular que produce el patrón de las relaciones en una red, y las posiciones de un nodo dentro de esta estructura (Borgatti & Halgin, 2011).

El ARS se caracteriza por el uso de sociogramas y técnicas de representación visual de los datos reticulares (Wasserman & Faust, 1994). Con el fin de analizar la estructura particular que produce el patrón de las relaciones en una red y, las posiciones de un nodo dentro de esta estructura (Borgatti & Halgin, 2011). La metodología de ARS se ha aplicado en diferentes ámbitos y ha sido utilizada para

contribuir en la comprensión de los flujos de cualquier variable de interés como en el ámbito de la política, desarrollo local y, relaciones comerciales (Vargas , 2008; Rodríguez, 2010; Hernández & González, 2019).

En el ámbito rural, diversos trabajos ya han empleado el enfoque de redes sociales, principalmente para entender el proceso de adopción y difusión de la innovación agrícola en los pequeños productores (Monge & Hartwich, 2008; Vega de Jiménez & Rojo, 2010). Respecto al cultivo maíz y la interacción de los diferentes actores en los procesos de innovación, también se han realizado un sin número de estudios (Zarazúa-Escobar et al., 2012; Moctezuma-López et al., 2010; Damián-Huato et al., 2013; Sánchez-Gómez et al., 2016). Sin embargo, estos autores no han realizado un acercamiento a los actores y, cuantificar la influencia de la red en el proceso innovador del productor, lo cual resulta fundamental para analizar cómo se detonan los procesos de innovación a través de la interacción con los diferentes actores que conforman un sistema de producción.

En los sistemas agrícolas tradicionales, el análisis de los flujos cobra mayor relevancia, en la difusión de conocimientos, desarrollo de capacidades e intercambios comerciales (Schwaab & Seibold, 2014). En el caso de México, un ejemplo de sistema tradicional representativo es el cultivo maíz, ya que tiene gran importancia cultural y económica; y se encuentra prácticamente en todos los estados del país, ocupa la tercera parte del total de la superficie sembrada (SIAP, 2019).

Los productores de maíz hacen un aporte significativo a la producción y la economía de México, pero son muy vulnerables dado su bajo acceso a tecnologías, insumos, información y recursos económicos (Birthal et al., 2014). Incrementar el acceso a la información (conocimientos técnicos y relacionales) e integración de redes para el desarrollo de capacidades entre los agricultores podría mejorar su productividad y competitividad.

El trabajo en red puede contribuir a incrementar la capacidad de innovación al facilitar el acceso a recursos, el acceso a nuevas ideas y acelerar la transferencia del conocimiento (Powell & Grodal, 2005), en este caso entre los actores involucrados en la producción de maíz. Las redes también pueden servir como estructuras que facilitan la información sobre mercados, educación y oportunidades laborales (Snyder & Beth, 2014). Así como, comprender de una mejor manera los flujos comerciales entre países de los productos agrícolas. De esta manera, la metodología de ARS puede ayudar a entender los patrones de adopción de tecnologías de los productores y la dinámica del comercio mundial agrícola, temas en los cuales la literatura es incipiente, por lo que la presente investigación aportará al conocimiento de forma teórica-práctica.

Bajo este contexto, el propósito de este trabajo es la aplicación del método ARS al estudio de la adopción de innovaciones entre pequeños productores de maíz y, el comercio mundial del grano, con el fin de comprender la influencia de la red en las decisiones de adopción del productor y, los intercambios comerciales a nivel global de maíz.

Objetivos

Objetivo general:

Identificar los alcances y las limitantes de la metodología del ARS en la agricultura a través del análisis de dos tipos de redes, una de innovación y otra comercial para establecer referentes en futuras investigaciones.

Objetivos específicos:

1. Analizar los antecedentes actuales del uso del ARS en los diferentes campos de la agricultura en México y en el mundo, estableciendo su estado del arte.

2. Analizar los patrones de adopción de prácticas por los productores de maíz en Chiapas, México y la interacción con los actores e instituciones involucrados en el proceso, utilizando la metodología ARS, con el fin de explorar la influencia de la red y los atributos individuales del productor en sus decisiones de adopción.
3. Analizar los flujos de los intercambios comerciales del grano de maíz entre países, a través del ARS para identificar la evolución del comercio global del maíz, sustentado por los cambios en la estructura de la red en dos momentos de análisis.

Preguntas de la investigación

Las preguntas de esta investigación se plantean en congruencia con los objetivos específicos de la misma.

1. ¿Cómo se ha aplicado el ARS al estudio de la agricultura?
2. ¿Cómo el ARS contribuye a estudiar la interacción entre los productores de maíz y, los patrones de adopción de las prácticas agrícolas?
3. ¿Cómo explica el ARS la evolución del comercio global del maíz?

Hipótesis de la investigación

Considerando las preguntas de investigación y los objetivos específicos planteados para el desarrollo de ésta, se propusieron las siguientes hipótesis.

H1: En el estado del arte actual del ARS en la agricultura, existe una oportunidad de investigación tanto en las redes de innovación como en las redes de comercialización.

H2: Los patrones de adopción de prácticas por los productores de maíz en Chiapas, México, son influenciados por los diferentes actores involucrados en su red y, sus atributos individuales como la escolarización de los agricultores, la capitalización y el acceso al conocimiento especializado.

H3: En la configuración de las redes del comercio global de maíz se dieron cambios en los momentos de análisis, los cuales se evidencian en los valores de sus indicadores de redes utilizados.

1.3 Colecta de datos y métodos

Para identificar los alcances y limitantes de la metodología del ARS en la agricultura se presentan como objeto de estudios dos tipos de redes: una de innovación y, otra comercial; el análisis de cada una incluyó diferentes métodos de estudio.

Para analizar la red de innovación o bien los patrones de adopción de las prácticas de agricultura de AC, se encuestó a 222 productores de maíz en la región de La Frailesca, Chiapas, México. Se utilizó el método de muestreo de bola de nieve para obtener información sobre las variables. Posteriormente, se seleccionaron los productores que participaron en la iniciativa MasAgro, implementada por el CIMMYT en el período 2013-2014. Los datos se recopilaron utilizando un enfoque egocéntrico, el cual refiere a que se entrevistó directamente al productor para identificar su estructura relacional; la información que se capturó de este refiere al uso de un catálogo de prácticas agrícolas y otros atributos, cómo la edad, la educación, el municipio al que pertenece, el tamaño de la unidad de producción y los rendimientos.

El análisis de datos se llevó a cabo en tres etapas: i) se analizaron los actores y las prácticas de AC para identificar las relaciones y las fuentes de información; ii) se analizaron las prácticas agrícolas para determinar los patrones de adopción; y iii) se analizó la adopción de la innovación basada en la red y los atributos individuales para explorar la influencia de los indicadores de la red y los atributos individuales en el proceso de adopción de la innovación.

Para lo anterior se utilizó el paquete estadístico R. Los atributos de los productores (edad, municipio, área y educación) se registraron y se convirtieron en redes de modo único en Ucinet para Windows versión 6. 626 (Borgatti *et al.*, 2002), al igual que los cálculos de regresión utilizando la función MR-QAP.

Por otra parte, para analizar la red comercial y por ende los cambios en el comercio mundial de maíz se construyeron dos redes con el top de países exportadores e importadores del grano, una para el año 2005 y otra en 2016. Los datos se extrajeron de la página de FAOSTAT compilados por la FAO. Con la información obtenida, se crearon matrices relacionales de dos tipos, una ponderada en la que el establecimiento de la relación comercial se representa el volumen de exportación o importación, según se lea; y una matriz binaria en el que el valor de 1 representa el establecimiento de una relación entre países y 0 la ausencia de ésta. Con la primera matriz se elaboró el gráfico de la red, dónde se muestran los países como nodos de la red y la cantidad exportada o importada entre países con el grosor de la flecha. Con la segunda matriz, se calcularon algunas medidas de centralidad de la red.

Para la construcción de las matrices se utilizó Microsoft® Excel versión 16.21.1. Para la elaboración del gráfico se utilizó la aplicación de NetDraw de Ucinet para Windows versión 6. 626 (Borgatti *et al.*, 2002).

1.4 Estructura del documento de titulación

El presente documento de titulación se integra por cinco capítulos, de los cuales, dos se desarrollaron en formato de artículo científico. La organización y estructura del documento se muestra en la Figura 1-1.

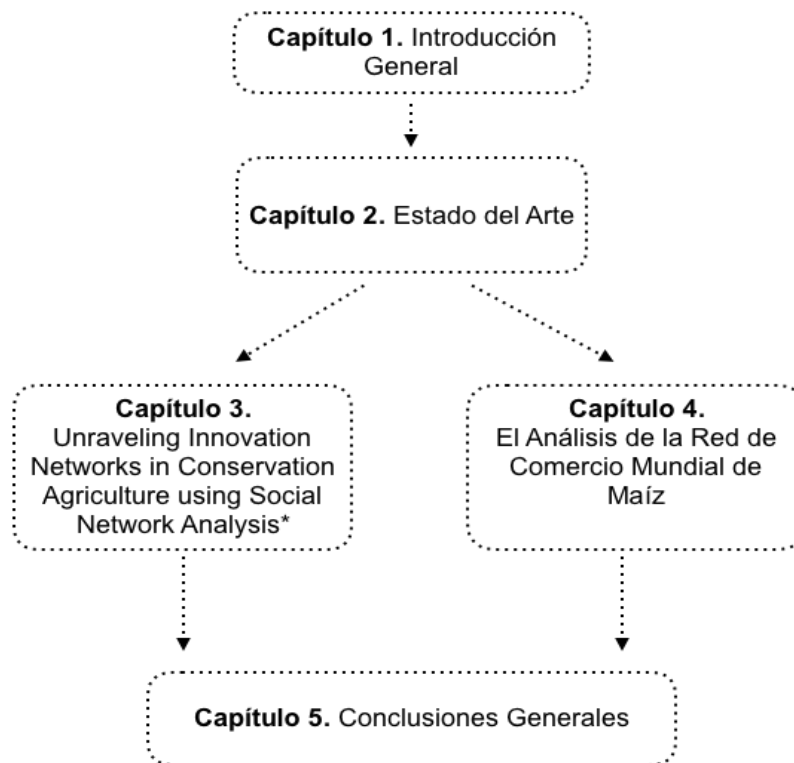


Figura 1-1. Organización del documento de titulación

* Este capítulo ya fue aceptado para publicación.

Fuente: elaboración propia.

En el capítulo 1 se precisa el problema de la investigación y se establece la importancia de la aplicación del ARS a los procesos de innovación y comercio de maíz. En el capítulo 2, se realiza un estado del arte sobre los estudios que han aplicado ARS, se hace énfasis las investigaciones en el sector rural y productos agrícolas.

Los dos capítulos siguientes (tercero y cuarto) se estructuraron en forma de artículo, y cada uno de ellos se relaciona con los objetivos de la investigación. En el capítulo 3, se determina cómo los patrones de adopción de prácticas por los productores de maíz son influenciados por los diferentes actores involucrados en su red y sus atributos individuales.

En el capítulo 4, se analizan los flujos e intercambios comerciales entre países sobre el producto maíz para comprender los cambios suscitados en su interacción debido a la dinámica del comercio internacional, incremento en la población/consumo, poder adquisitivo, cambios de uso de suelo y políticas agrícolas.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan algunas conclusiones respecto a la aplicación de la metodología ARS y su pertinencia en el estudio de los procesos de innovación y comercio mundial de los productos agrícolas como el maíz.

1.5 Literatura citada

- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., & García-Sánchez, E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Birthal, P. S., Khan, T., Negi, D. S., & Agarwal, S. (2014). Impact of Climate Change on Yields of Major Food Crops in India: Implications for Food Security. *Agricultural Economics Research Review*, 27(2), 145. <https://doi.org/10.5958/0974-0279.2014.00019.6>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis. *Analytic Technologies*. Retrieved from citeulike-article-id:6031268
- Borgatti, Stephen P, & Halgin, D. S. (2011). On Network Theory. *Organization Science*, 1–14. <https://doi.org/10.1287/orsc.1110.0641>
- Damián-Huato, M. A., Cruz-León, A., Ramírez-Valverde, B., Romero-Arenas, O., Moreno-Limón, S., & Reyes-Muro, L. (2013). Maíz, Alimentación y Productividad: Modelo Tecnológico para Productores de Temporal de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(2), 157–176.
- Díaz, L. G. A. (2011). Análisis de un sistema de innovación regional: una aproximación para el caso de la Región de Los Lagos, Chile. *Región y Sociedad*, XXIII (50), 249–278.
- FAOSTAT. (2019). Base de datos del cultivo maíz. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- García-Salazar, J. A., Skaggs, R. K., & Crawford, T. L. (2011). Evaluación de los efectos del Programa de Apoyos Directos al Campo (Procampo) en el

mercado de maíz en México, 2005-2007. *Economía, Sociedad y Territorio*, XI (36), 487–512.

Hernández, H. B., & González, Z. I. (2019). Análisis de redes comerciales de maíz (Zea mays) en el estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.

INEGI. (2017). Instituto Nacional de Estadística. <http://www.inegi.gob.mx/>. Consultado el 22 de mayo de 2017.

Lutz, B., & Herrera, F. (2007). Organizaciones de productores de maíz en el Estado de México: papel de las instituciones e importancia de las coyunturas políticas. *Ciencia Ergo Sum*, 14(1), 15–26.

Moctezuma-López, G., Espinosa-García, J. A., Cuevas-Reyes, V., Jolalpa-Barrera, J. L., Romero-Santillán, F., Vélez-Izquierdo, A., & Bustos-Contreras, D. E. (2010). Innovación tecnológica de la cadena agroalimentaria de maíz para mejorar su competitividad: estudio de caso en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 101–110.

Monge P., M., & Hartwich, F. (2008). Análisis de Redes Sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 14(2), 1–31. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.118>

Munguía-Aldama, J., Sánchez-Plata, F., Vizcarra-Bordi, I., & Rivas-Guevara, M. (2015). Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. *Revista de Ciencias Sociales*, 21(4), 538–547.

Muñoz-Rodríguez, M., Altamirano-Cárdenas, J. R., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & Espejel-García, A. (2007). *Innovación: motor de la competitividad agroalimentaria-políticas y estrategias para que en México ocurra*. Universidad Autónoma Chapingo.

- Powell, W. W., & Grodal, S. (2005). *Network of innovators*. In R. N. Richard, D. C. Mowery, & J. Fagerberg (Eds.), *Innovation* (16: 56–85). The Oxford Handbook of Innovation. <https://doi.org/10.12968/pnur.2005.16.9.19672>
- Roldán-Suárez, E. (2018). *Gestión de redes de innovación en la producción de maíz en México*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo.
- Sanz, M. L. (2003). Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 7, 21–29. <https://doi.org/10.1007/s10588-006-7084-x>
- Schwaab, J., & Seibold, B. (2014). *El potencial de las redes para el fortalecimiento de la sustentabilidad de la cooperación para el desarrollo*. In K. L. Lázaro, M. C. Ayala, & M. Ulrich (Eds.), *Fondos y redes globales: Reduciendo la brecha entre políticas globales y la implementación nacional* (pp. 175–196). Contemporánea: cooperación internacional y desarrollo. Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, México.
- SIAP. (2019). *Resumen Nacional por Cultivo*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Retrieved from <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119?idiom=es/>
- Snyder, K. A., & Beth, C. (2014). Implications of sustainable agricultural intensification for family farming in Africa: Anthropological perspectives. *Anthropological Notebooks*, 20(3), 9–29.
- Tola, A., & Contini, M. V. (2015). From the diffusion of innovation to tech parks, business incubators as a model of economic development: the case of “Sardegna Ricerche” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176, 494–503. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.502>

- Turrent-Fernández, A., Espinosa-Calderón, A., Cortés-Flores, J. I., & Mejía-Andrade, H. (2014). Análisis de la estrategia MasAgro-maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(8), 1531–1547.
- Vargas P, S. (2008). Redes de políticas y cambio organizacional en la política forestal mexicana. *Gestión y Política Pública*, XVII (1), 101–144.
- Vázquez-Arista, M., Ramírez-Flores, A., & Blanco-Labra, A. (1995). Maize and bean storage and their use by rural farmers in a Central state of Mexico. *Journal of Stored Products Research*, 31(4), 325–333. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(95\)00021-X](https://doi.org/10.1016/0022-474X(95)00021-X)
- Vega de Jiménez, M., & Rojo, Y. (2010). Red: estructura para generar innovación. *Revista de Ciencias Sociales*, XVI (4), 699–708.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis. Methods and Applications*. (M. S. Granovetter, Ed.) (Cambridge). Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- Zarazúa-Escobar, J. A., Almaguer-Vargas, G., & Rendón-Medel, R. (2012). Capital social. Caso red de innovación de maíz en Zamora, Michoacán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 9(68), 105–124.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA: EL ESTADO DEL ARTE DEL ANÁLISIS DE REDES SOCIALES EN LA AGRICULTURA

2.1 Antecedentes del análisis de redes sociales

El ARS se basa en la premisa que los actores sociales son independientes. Sin embargo, los vínculos entre ellos tienen consecuencias importantes para cada uno de los mismos (Freeman, 2004); se trata de una técnica que analiza las relaciones entre actores y los patrones e implicaciones de esas relaciones (Wasserman & Faust, 1994) dentro de una estructura social. Henao (2012) menciona que dicho análisis surge como una herramienta innovadora para el análisis relacional, el cual se centra en las relaciones de las unidades que actúan en la teoría, modelos, métodos y aplicaciones.

El ARS se fundamenta principalmente en la teoría de redes sociales. Lozares (1996), menciona que dicha teoría es resultante de diferentes corrientes de pensamiento que consideran desde lo antropológico, lo psicológico, lo sociológico, hasta lo matemático (Figura 2-1).

Por ejemplo, durante el período 1934-1946 gobernó la corriente sociométrica, la cual se fundamentaba en que la percepción y el comportamiento de los individuos de un grupo, así como la misma estructura del grupo, se inscribían en un espacio social formado por dicho grupo y su entorno, configurando así un campo de relaciones. Dichas relaciones se podían analizar formalmente a través de procedimientos matemáticos. Los principales exponentes de esta corriente fueron Kurt Lewin, Moreno, F. Heider.

Durante el periodo 1948-1961 dominó la teoría de grafos, la cual básicamente trata de formalizar los trabajos de los autores de la sociometría, siendo los principales exponentes Koenig, Cartwright, Zander, Harari, Norman y Bavelas. En parte de este periodo, es decir durante 1956-1969, surge el pensamiento estructural funcional de las redes el cual concibe a los individuos como parte de un sistema, los cuales trabajan en conjunto para proveer armonía social lo que genera cohesión. Sin embargo, también considera que es el conflicto lo que

permite que los individuos se mantengan unidos. Sus principales exponentes son Warner, Gluckman Barnes, Bott y Nadel.

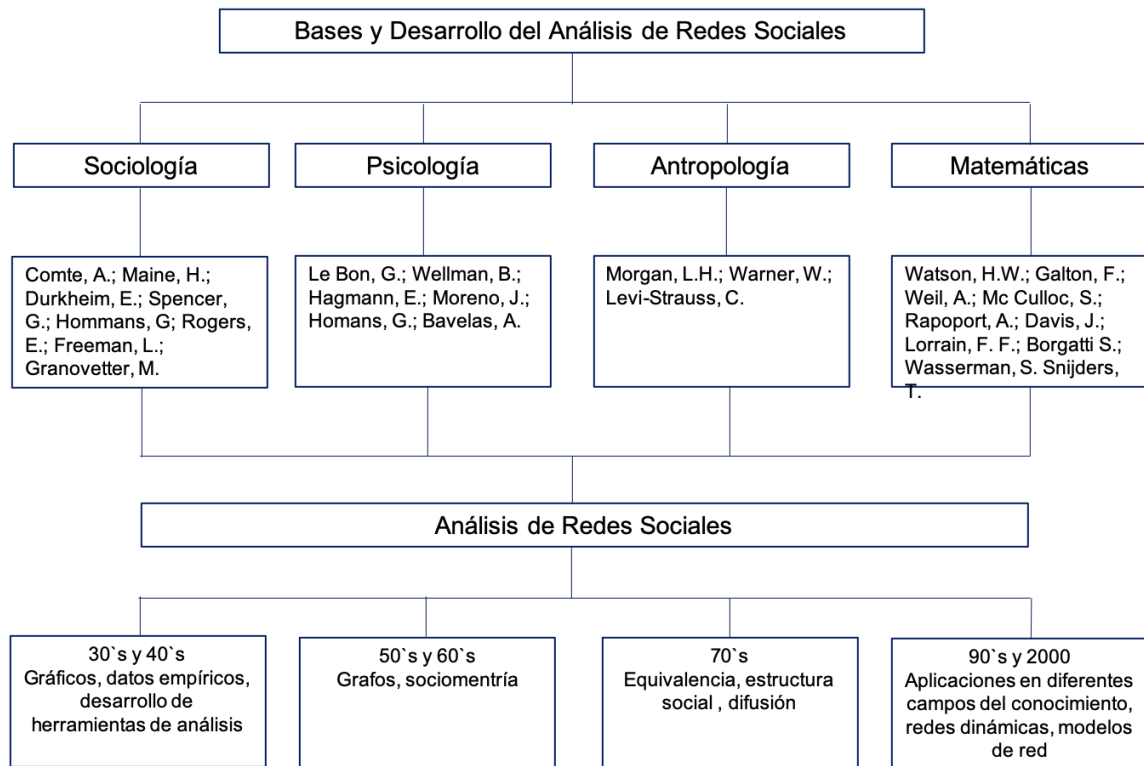


Figura 2-1. Precursores y desarrollo del análisis de redes sociales

Fuente: Adaptación de Díaz José (2013) con base a Freeman (2004).

En los últimos años, el ARS se ha aplicado en diferentes áreas, siendo las ciencias computacionales el área con mayor número de estudios (Figura 2-2). Mientras que los estudios en ciencias agropecuarias y biológicas aportan aproximadamente el 3%.

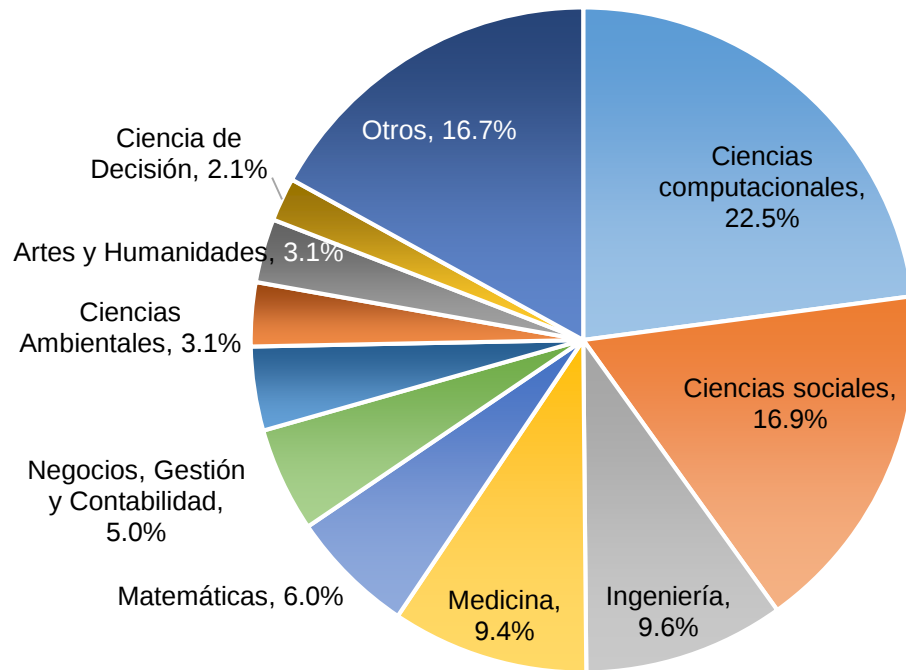


Figura 2-2. Áreas de aplicación del ARS durante 1995-2020

Fuente: elaboración propia con base a Scopus (2019).

2.1.1 Conceptos en el análisis de redes sociales

El ARS es una herramienta de medición y análisis de las estructuras sociales que emergen de las relaciones entre actores sociales diversos (Sanz, 2003). En la red, los actores de forma agrupada o individual se relacionan con otros con un fin específico, y se caracteriza por la existencia de flujos de información (Becerra, 2008).

Una red (Figura 2-3) es un grafo en el que se representa un conjunto de nodos o actores y sus vínculos (Freeman, 1978; Hanneman & Riddle, 2005 ; Wasserman & Faust, 1994). A través de los vínculos se pueden compartir o transferir actitudes, comportamientos, información bienes y servicios (De Nooy, MrVar, & Batagelj, 2005).

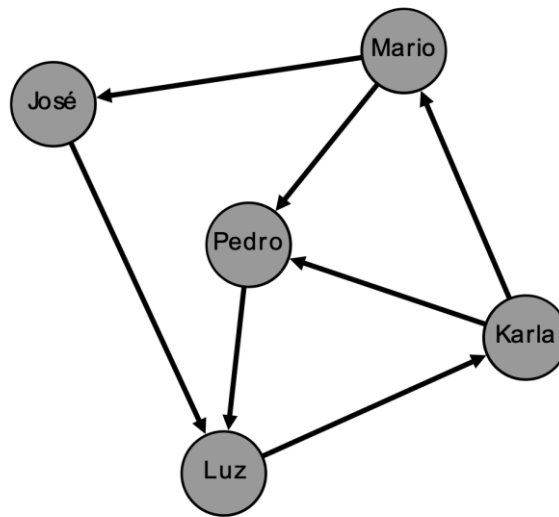


Figura 2-3. Ejemplo de una red con cinco nodos y sus vínculos

Fuente: elaboración propia con software Gephi.

Díaz- José (2013) menciona qué 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, por ejemplo, procesos de difusión, ii) detectar la estructura de relaciones y el intercambio de bienes y servicios en una red o sistema , iii) explicar cómo los actores establecen, mantienen o suprimen relaciones para incrementar su utilidad económica, entre otros. En este sentido, el Cuadro 2-1 presenta los principales conceptos a saber en el ARS.

Cuadro 2-1. Conceptos claves en el análisis de redes sociales.

Concepto	Definición
Actores sociales	Entidades sociales sujetos de los vínculos de las redes sociales. Pueden ser individuos, empresas, unidades colectivas sociales, departamentos en una empresa, agencias de servicio público en la ciudad, estados, etc.
Lazos relacionales	Vínculos entre pares de actores, representan la unidad de análisis en las redes sociales. Pueden ser de diversos tipos: personales, amistad, respeto, entre otras. Al igual, transferir bienes, dinero, información; y ser una relación formal o informal.
Diada	Consiste en un par de actores y el posible lazo entre ambos.
Triada	Conjunto de tres actores y sus relaciones. Permite el análisis de balance y también el considerar propiedades transitivas.
Subgrupo	Cualquier subconjunto de actores además de los lazos existentes entre ellos.
Grupos	Conjunto de todos los actores sobre los que se miden los lazos.
Contenido	Sustancia relacional, es decir, lo que fluye en la red: dinero, bienes, información.
Forma	Expresión abstracta de la relación y las propiedades de la configuración global o de algunas de las partes de la red.

Fuente: Wasserman & Faust (1994).

2.2.2 Niveles de análisis de redes sociales

Diversos autores (Marsden 1990; Freeman, 1978; Aguilar-Gallegos et al., 2017) mencionan que los estudios de redes se focalizan sobre diversos niveles de análisis:

1. **Nivel egocéntrico o personal de análisis:** se trata de buscar o explicar las diferencias entre actores según las diversas posiciones sociales, mostrando las unidades individuales y dando cuenta de las redes locales que les rodean y les pertenecen.
2. **Nivel intermedio de análisis:** el estudio se reduce a un nivel intermedio; es decir, al análisis de unidades entre sí, entre las unidades y parte de la red o, con la red total.
3. **Nivel de la estructura completa:** consiste en comparar entre sí estructuras sociales completas, requiere a menudo datos completos de redes sobre lazos sociales que vinculan los elementos de una población a otra.

2.2 Uso del análisis redes sociales en la agricultura

El ARS en la agricultura se ha enfocado principalmente para temas de innovación y competitividad (Muñoz-Rodríguez et al., 2007; Monge & Hartwich, 2008). Esto debido que diversos son los autores que conciben a la innovación como una variable explicativa del crecimiento económico de un país, una región o un sector (Schumpeter, 1942; Nelson & Winter, 1982).

La innovación entendida como todo cambio basado en conocimiento que genera valor (Cotec, 2007), se basa, entre otras cosas, en el patrón de relaciones que establece el productor con un conjunto de actores de una red, que a su vez, se integra por otros productores, por transferidores del conocimiento, por transformadores, financiadores del proceso, los que la investigan y los que dinamizan o animan la interacción para que los procesos de creación de valor se lleven a cabo (Radjou, 2004; Muñoz & Santoyo, 2010); en el que el cambio es el detonador, el conocimiento es el recurso más estratégico y el aprendizaje el proceso más importante en la red (Muñoz & Santoyo, 2010).

Por lo tanto, el ARS en la agricultura se ha especializado en el análisis de las estructuras relacionales de los productores agrícolas para gestionar innovación. Uno de los primeros trabajos, se realizó en el sistema de producción de limón en

el estado de Michoacán (Muñoz-Rodríguez et al., 2004), mismo que ha sido base para la variedad de estudios que se han realizado en el sector agropecuario (Cuadro 2-2).

Cuadro 2-2. Aplicaciones del ARS en la agricultura en México.

Aplicación	Estudios
Identificación de actores clave	Carrasco, et al., (2016); López et al., (2016); Monge Pérez & Hartwich (2008); Roldán-Suárez, Rendón-Medel, & Cadena-Iñíguez (2016).
Gestión de redes	Aguilar-Gallegos et al., (2016); Sánchez-Gómez et al., (2013); Zambada-Martínez et al., (2013).
Capital social	Flores-Trejo et al., (2016); Oble-Vergara et al., (2017); Teja-Gutiérrez et al., (2013).
Evaluación de intervenciones	Aguilar-Gallegos et al., (2017); González-Ramírez et al., (2019); Rendón-Medel et al., (2015); Roldán-Suárez et al., (2018); Sánchez-Gómez, Rendón-Medel, & Cervantes-Escoto (2016).

Fuente: elaboración propia.

2.2.1 Adopción de innovaciones bajo un enfoque de red

En México, la agricultura se ubica dentro del sector rural y pesquero del país. Dicho sector se caracteriza por tener un desarrollo con ciertos niveles no sustentables, que tiene como causas principales: 1) actividades agropecuarias y pesqueras con bajo crecimiento, 2) pobreza de las familias rurales, 3) degradación de los recursos naturales, 4) entorno económico desfavorable, y 5) un marco institucional débil (FAO & SAGARPA, 2012). Ante este escenario, el impulso de la innovación resulta fundamental.

Respecto a lo anterior, Roldán-Suárez (2018) menciona que de acuerdo con los planteamientos de Schumpeter (1942), es de suponer que el productor agrícola, visto como el empresario de la unidad de producción, sólo está esperando hacer uso de las innovaciones que se encuentran disponibles en su ambiente

tecnológico inmediato. Sin embargo, existe evidencia empírica que demuestra que el nivel de innovación de estas unidades de producción no rebasa el 50% de adopción (García-Sánchez et al., 2011; Roldán-Suárez et al., 2016; Sánchez-Gómez et al., 2013; Valerio-Robles et al., 2016; Vargas-Canales, et al., 2015).

Lo anterior indica que en el sector rural y pesquero de México existen una serie de factores estructurales que favorecen o limitan la adopción de innovaciones; por ejemplo, el costo que conlleva la innovación puede ser vista como una limitante para los adoptantes; en contraste, la estructura social donde en el que esta inmerso el productor puede favorecer la innovación (Rogers,1983; Wejnert, 2002) los cuales están fuera del alcance directo del productor agrícola. Por lo que esto representa uno de los grandes retos de los procesos de innovación, pues como lo menciona Díaz-José (2013) el desafío está en cómo hacer llegar la innovación a los usuarios potenciales con el objeto que sea de utilidad y, además, genere capacidad y competencia de una región, país o, en este caso, del sector agrícola.

De acuerdo con Rogers (1983), una manera de garantizar que llegue la innovación a los usuarios potenciales es a través del estudio del sistema social en el que se difunde la innovación, pues éste es el espacio en el que un grupo de unidades -en este caso, los productores agrícolas- están comprometidos en la solución de problemas para lograr metas comunes.

Es así, como según Rogers (1983) dentro del sistema social interfieren los siguientes puntos:

Estructura del sistema social: patrones de las relaciones sociales (estructuras burocráticas, regularidad y comportamiento humano).

Estructura comunicacional: elementos diferenciados que reflejan patrones de flujos de comunicación en un sistema.

Normas del sistema social: normas (culturales, regionales, religiosas) funcionan como barrera o elemento facilitador de la difusión de la innovación.

Opinión de líderes y agentes: los líderes de opinión son aquellos que proveen información y aconsejan sobre la innovación a otros individuos del sistema, lo anterior conlleva al término de liderazgo de opinión que se define como el grado en que un individuo es capaz de influenciar las actitudes y comportamientos de otros individuos de la manera deseada con frecuencia relativa y de manera informal; la importancia del líder de opinión radica en que se encuentre en el centro de la red de comunicación (individuos interconectados que están vinculados por patrones de flujo de comunicación). En este sentido, también existen los agentes de cambio, que son individuos que influyen las decisiones sobre innovación a los miembros del sistema social en una dirección esperada, dichos agentes se apoyan además de las opiniones de los líderes, en los sistemas de ayuda, los cuales son individuos un poco menos profesionales que los agentes de cambio, acompañan a los clientes durante las decisiones sobre una innovación.

Lo anterior se puede constatar de manera ejemplar en el sector agrícola, ya que diversos estudios (Díaz-José et al., 2016; Muñoz & Santoyo, 2010; Valerio-Robles et al., 2016) muestran que la principal fuente de información para la innovación son otros productores, seguidos de los extensionistas (también conocidos como prestadores de servicios profesionales) y por las instituciones de enseñanza e investigación. Sin embargo, también se ha encontrado que de acuerdo con la innovación difieren las fuentes de información; por ejemplo, la práctica de biofertilizantes en producción de maíz bajo un esquema de AC es difundida principalmente por instituciones de enseñanza e investigación, en contraste, el uso de maquinaria especializada es difundida principalmente a través de productores (Díaz-José et al., 2016). Además, Rendón et al., (2007) han identificado a más de 10 diferentes fuentes de información para la innovación.

Así, de acuerdo con Díaz-José (2013), la difusión para la adopción de innovaciones en el sector agrícola se puede dar de dos maneras; la primera es por transferencia, enfoque que se relaciona con la difusión de conocimiento

explícito o codificado (Nonaka & Takeuchi, 1995), dicho conocimiento sigue un camino definido: centros de investigación-extensionista-productor agrícola. La segunda manera es por replicación (secuencial y bidireccional). En ella, la difusión se da a través de flujos de información locales en los cuales se divulga conocimiento tácito (Nonaka & Takeuchi, 1995). Esta vía se caracteriza debido a que la información puede ser compartida más de una vez a un mismo actor, dándose así la replicación de la innovación.

En los últimos años ha tenido relevancia analizar la adopción de innovaciones bajo un esquema de red, principalmente porque se considera una herramienta de apoyo para estudiar el sistema social en los que se llevan acabo los procesos de difusión de la innovación en la agricultura (Díaz-José, 2013). En este sentido, Matuschke & Qaim (2009) analizaron la importancia de las redes sociales individuales en la adopción de nuevas variedades de semilla en la India, Monge Pérez & Hartwich (2008) analizaron los efectos de las interacciones existentes entre productores y otros actores relevantes en micro regiones de Bolivia sobre la intensidad de la adopción de innovaciones. Por su parte, Gómez-Carretero, et al., (2016) determinaron la existencia de masa crítica y ambiente de innovación para la difusión de innovaciones en el sistema productivo del jitomate. Aguilar-Gallegos et al., (2016) analizan los efectos de los vínculos directos e indirectos de productores de hule. Díaz-José et al., (2016) analizan la adopción de innovaciones en AC identificando a los actores claves y el rol que juegan en la red para mejorar el proceso de innovación. Aunado a esto hay una serie de trabajos en los que se analiza la estructura social y técnica para incentivar la innovación en sistemas agrícolas como la rosa de corte (Pablo Osorio, 2012), el durazno (ArroyoPozos, 2017), la piña (Uriza-Ávila et al., 2018), por mencionar algunos.

Si bien es un hecho la proliferación de estos estudios, identificar el número exacto de ellos relacionados al tema es complejo. Por tal motivo, el Cuadro 2-3 muestra una aproximación de los estudios relacionados con la temática.

Cuadro 2-3. Innovación, agricultura, productores y redes: relación de estudios.

Palabras claves utilizadas	Número de estudios	Período de publicaciones	Principales universidades
“Innovación” y “productores agrícolas”	1895	1938-2019	Wagenigen University and Research Centre CIRAD Centre de Recherche de Montpellier INRA Institut National de La Recherche Agronomique Innovation et développement dans l’agriculture et l’alimentation Innovation
“Agricultura” y “redes sociales”	135	1998-2019	INRA Institut National de La Recherche Agronomique Wagenigen University and Research Centre CIRAD Centre de Recherche de Montpellier Massey University
“Redes de innovación” y “productores agrícolas”	24	2008-2019	Wagenigen University and Research Centre Universiteit Gent International Food Policy Research Institute Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
“Adopción de innovaciones” y “redes sociales”	34	1993-2019	Mont Union Collage Universidad Autónoma Chapingo Auburn University Michigan Technological University

Fuente: elaboración propia con base a Scopus (2019). Los estudios se limitaron al Área de Agricultura y Ciencias Biológicas.

2.2.2 Uso del ARS en programas y proyectos gubernamentales

En el Cuadro 2-3 se observó que la Universidad Autónoma Chapingo se visualiza como uno de los pioneros en este tipo de análisis. Tan es así que, durante 2009-2011, la universidad ideó un modelo de extensión denominado Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores, con el propósito de mejorar la productividad y la integración entre productores y las Agroindustrias de México. Dicho modelo iba de la mano del Programa Trópico Húmedo de la

ahora Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Así, las AGI se conformaban por equipos de profesionales orientados a promover la adopción de mejores prácticas técnicas y organizativas, a través de la asistencia técnica de especialistas, quienes motivaron la interacción de los actores de diferentes cadenas a nivel territorial (Aguilar-Ávila et al., 2015).

El programa gubernamental MasAgro, liderado por el CIMMYT y financiado por la SADER tiene como uno de sus objetivos principales *“promover la integración y colaboración de los actores de la cadena productiva del maíz, trigo y cultivos asociados para desarrollar, difundir y adoptar soluciones sustentables en zonas agroecológicas seleccionadas de México”*. Para lograr dicha integración y colaboración entre los actores del sistema, el programa utiliza el ARS como mecanismo de identificación de fuentes de información para difundir prácticas de AC a través de la infraestructura propia del programa (plataformas experimentales, módulos demostrativos y áreas de extensión).

Finalmente, el proyecto Buena Milpa liderado por el CIMMYT y financiado por la USAID, ha buscado *“reducir la pobreza, la inseguridad alimentaria y la mala nutrición de las familias en el altiplano occidental de Guatemala, al aumentar la sostenibilidad y la capacidad de recuperación de los sistemas agrícolas basados en maíz, y también ha procurado disminuir la degradación ambiental y mejorar los medios de subsistencia de los pequeños productores”* (USAID & CIMMYT, 2019). El proyecto se enfoca en cinco ejes temáticos, uno de ellos es la gestión de redes innovadoras a partir del ARS.

Se debe destacar que tanto el programa MasAgro como el proyecto Buena Milpa tienen un componente fuerte en capacitación y parte de esta capacitación se ha enfocado al manejo y uso del ARS por parte de los extensionistas que laboran en estas estrategias.

Lo anterior, hace constar que el uso del ARS ha pasado de ser sólo una herramienta que analiza un fenómeno, a ser una herramienta de diagnóstico y planeación en las estrategias de intervención, que hoy en día tienen una fuerte

exigencia de generar impactos tangibles de una manera focalizada, eficaz y eficiente.

2.2.3 El comercio de productos agrícolas bajo un enfoque de red

La comercialización es un proceso que lleva a los productos agrícolas desde la explotación agrícola hasta el consumidor (García, 1973) o bien, se puede entender como el conjunto de acciones y procedimientos para introducir eficazmente los productos en el sistema de distribución. Considera planear y organizar las actividades necesarias para posicionar una mercancía o servicio logrando que los consumidores lo conozcan y lo consuman (SE, 2010). Sin embargo, de acuerdo con Urquía (2014) el acceso a los mercados es considerado como uno de los obstáculos más importantes que dificultan el desarrollo de la agricultura. Por tal motivo, contar con infraestructuras eficientes de comercialización, esto es, centros de acopio, mercados minoristas y mayoristas y almacenes, son esenciales para garantizar una comercialización rentable, minimizar las pérdidas postcosecha, reducir los riesgos sanitarios y asegurar un suministro estable de los productos agrícolas (FAO, 2000).

La identificación de la infraestructura para la comercialización de los productos agropecuarios se puede realizar bajo un enfoque de red debido a que los productores agrícolas no sólo establecen relaciones que les permiten implementar innovaciones tecnológicas, esas relaciones también llevan información comercial, las cuales les permiten generar los ingresos, mismos que en la mayoría de los casos, se esperan sean los bastantes favorables para que su actividad siga siendo rentable. No obstante, Semitiel & Noguera (2004) mencionan que el uso del ARS en la investigación económica -en la que se analizan los aspectos del mercado- se encuentra todavía en una fase menos desarrollada en comparación con otros ámbitos de las ciencias sociales, como lo son la psicología, la antropología o la sociología.

A pesar de lo anterior, la investigación en la agricultura ha hecho esfuerzos por integrar el ARS en el estudio de la comercialización de los productos agrícolas.

En este sentido, el Cuadro 2-4 presenta los esfuerzos realizados principalmente en México en el tema. En él se observa que el producto maíz junto con la tilapia son los productos con mayor atención en este tipo de estudios. Sin embargo, es el maíz en el que los esfuerzos de análisis se ha puesto mayor profundidad.

Hernández & González (2019) encontraron que cada municipio analizado muestra particularidades en la relación entre los precios, las variables estudiadas y las estructuras de las redes comerciales en las que se insertan, es decir, el género y el destino de la producción el grano influyen en el precio obtenido, el número de clientes tiene relación con los precios de compra ofrecidos; las dos principales razones por la que los productores venden a dichos clientes se debe a que son los que “pagan rápido y en efectivo” y “son los más cercano”. Por su parte, Ramírez (2019) encontró que una mayor edad ($p<0.05$), una mayor superficie ($p<0.05$), una mayor vinculación en la red comercial ($p<0.1$) y la adopción de semilla mejorada ($p<0.1$), son los factores que mejoran la Capacidad Comercial. En ambas investigaciones el análisis de la estructura relacional en un ámbito comercial fue fundamental para encontrar estos tipos de hallazgos.

Cuadro 2-4. Uso del ARS en la comercialización de productos.

Estudio	Producto	Objetivo
Teja-Gutiérrez et al., (2013)	Limón persa	Identificación de posiciones de roles.
Aguirre-López (2015)	Maíz	Identificación de la estructura relacional de venta de la producción (acopiadores).
Granados-Sánchez (2015)	Ovinos	Identificación de la estructura relacional de venta de la producción (acopiadores).
Medina-Enríquez (2015)	Tilapia	Identificación de la estructura relacional de venta de la producción (acopiadores).
Palomino-Núñez (2016)	Tilapia	Identificación de la estructura relacional de los proveedores de los restaurantes.
Cortés-Morales (2017)	Horticultura protegida	Identificación de la estructura relacional de los proveedores de insumos y estructura relacional de compradores.
Rocillo-Aquino (2017)	Pulque	Identificación de la red comercial de pulquerías.
González-Ramírez et al., (2019)	Hule	Desarrollo de proveedores para la Agroindustria.
Hernández & González (2019)	Maíz	Identificar las variables que se relacionan con los mejores precios.
Ramírez (2019)	Maíz	Determinar la capacidad comercial de los productores.

Fuente: elaboración propia.

A nivel internacional, las investigaciones en el tema también son escasas. En el repositorio digital de Scopus al colocar la frase “agricultural trade networks”, el buscador sólo encuentra tres investigaciones al respecto. Entre ellas destaca lo realizado por Shutters & Muneeppeerakul (2012) quienes a partir de un censo de

triadas determinan el grado de desarrollo de los países importadores o exportadores de una variedad de productos agrícolas. Por su parte, Newth, Finnigan, & Cai (2018) determinan cómo las redes comerciales de los productos agrícolas han sido afectadas por el tan conocido cambio climático. Un trabajo más es el realizado por Gao et al., (2017) en el que analizan los flujos de energía entre las regiones productoras y consumidoras de China y cómo esto afecta las reservas energéticas de dicho país.

Bajo este contexto, la revisión de literatura que dio pie a identificar el estado del arte del ARS permite concluir que dicho análisis es una herramienta útil para entender los procesos de adopción de innovaciones en la agricultura, pues dicha herramienta ha sido ampliamente utilizada, sin embargo, no significa que ya se ha analizado en su totalidad dicho proceso, por lo que hay ventanas de oportunidad para seguir utilizándola. Por otra parte, el estudio del comercio, específicamente del maíz ha sido un tema escasamente analizado bajo este enfoque, lo cual brinda amplias oportunidades para tratar de entenderlo considerando esta perspectiva.

2.3 Literatura citada

- Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, V. H., Muñoz-Rodríguez, M., Aguilar-Gallegos, N., & Martínez-González, E. (2015). *Agencias de gestión de la innovación para el desarrollo de proveedores en México*. In L. R. Compés, Á.-C. J. M. García, & J. Aguilar-Ávila (Eds.), *Redes de innovación y desarrollo local en el medio rural* (pp. 249–266). Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., & Aguilar-Ávila, J. (2017). *Análisis de redes sociales: conceptos clave y cálculo de indicadores*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Serie: Metodologías y herramientas para la investigación, Volumen 5.
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., & García-Sánchez, E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. *Estudios Gerenciales*, 32(140):197–207. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Aguirre-López, J. M. (2015). *Innovación estratégica para la producción y comercialización de Maíz en Chiapas*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.
- Arroyo-Pozos, M. G. (2017). *Retos y oportunidades de la producción de durazno en México*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo.
- Becerra, R. F. (2008). Las redes empresariales y la dinámica de la empresa: Aproximación teórica. *Innovar*, 18(32), 27–46.
- Carrasco, J. S. J., Medel, R. R., Toledo, J. U., & Osorio, A. (2016). Las tecnologías de la información y comunicación como fuente de conocimientos en el sector rural. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 3063–3074.

- Cortés-Morales, G. (2017). *Modelos de negocio en horticultura protegida de Texcoco*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cotec. (2007). *La Persona Protagonista de la Innovación*. (S. A. Gráficas Arias Montano, Ed.). Madrid.
- De Nooy, W., MrVar, A., & Batagelj. (2005). Exploratory Social Network Analysis with Pajek. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Primera ed, Vol. 53). New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Díaz-José, J., Rendón-Medel, R., Govaerts, B., Aguilar-Ávila, J., & Muñoz-Rodríguez, M. (2016). *Innovation Diffusion in Conservation Agriculture: A Network Approach*. *The European Journal of Development Research*, 28(2), 314–329. <https://doi.org/10.1057/ejdr.2015.9>
- Díaz-José, J. (2013). *Redes de Innovación: Marco Estratégico para la Difusión de Nuevas Tecnologías en la Agricultura*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo.
- FAO. (2000). *Alimentos para las ciudades: políticas de abastecimiento y distribución de alimentos para reducir la inseguridad alimentaria urbana*. Guía informativa para alcaldes, responsables de las ciudades y planificadores urbanos en países en desarrollo y países en. (FAO, Ed.). Roma, Italia: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/003/X8296E/X8296E00.HTM>
- FAO & SAGARPA. (2012). *Diagnóstico del sector rural y pesquero: Identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México*. Capítulo II. Completar
- Flores-Trejo, A., Almaguer-Vargas, G., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & Márquez-Berber, S. R. (2016). Redes sociales y confianza entre productores de rambután en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de*

Ciencias Agrícolas, (15), 3009–3021.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.423>

Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)

Freeman, L. C. (2004). *The Development of Social Network Analysis: A study in the sociology of Science*. Vancouver: Empirical Press.

Gao, C., Su, B., Sun, M., & Zhang, Z. (2017). Tracking Multilayer Energy Flows Embodied in China's Interregional Trade: An Input-Output Network Analysis. *Energy Procedia*, 143, 367–374. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.698>

García-Sánchez, E. I., Aguilar-Ávila, J., & Bernal-Muñoz, R. (2011). La Agricultura Protegida en Tlaxcala, México. *Teuken Bidikay*, 2, 193–212.

García, M. (1973). Comercialización agraria: contenido económico. *Revista de Estudios Agro-Sociales*, (83), 137–145.

Gómez-Carretero, T., Zarazúa-Escobar, J. A., Ramírez-Valverde, B., Guillén-Cuevas, L. A., & Rendón-Medel, R. (2016). Masa crítica y ambiente de innovación en el sistema productivo jitomate, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 2949–2964.

González-Ramírez, M. G., Santoyo-Cortés, V. H., Aguilar-Ávila, J., & Aguilar-Gallegos, N. (2019). Desarrollo de proveedores de hule natural en la cuenca del río Papaloapan, México: avances y limitaciones. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1459

Granados Sánchez, M. del R. (2015). *Propuesta de estrategia de fortalecimiento para la asociación ganadera local especializada de ovinocultores del Valle*

de Tulancingo, Hidalgo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.

Hanneman, R., & Riddle, M. (2005). Introduction to Social Network Methods. *Introduction to Social Network Methods*. Universidad de California. <https://doi.org/10.1177/000169939403700402>

Henao, D. C. (2012). La teoría de redes: aspectos claves para el análisis de la “fuga de cerebros” *Trans-Pasando Fronteras*, (2), 97. <https://doi.org/10.18046/retf.i2.1325>

Hernández, H. B., & González, Z. I. (2019). *Análisis de redes comerciales de maíz (Zea mays) en el estado de Puebla*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.

López, B., Rendón, R., Espinosa, T., Torres, P., & Santellano, E. (2016). Medición de cobertura oculta en servicios de asistencia técnica y capacitación en el medio rural. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 3089–3102.

Lozares Colina, C. (1996). La teoría de redes sociales. *Papers: Revista de Sociología*, (48), 103–126. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v48n0.1814>

Marsden, P. V. (1990). Network Data and Measurement. *Annual Review of Sociology*, 16(1), 435–463. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.16.080190.002251>

Matuschke, I., & Qaim, M. (2009). The Impact of Social Networks on Hybrid Seed Adoption in India. *Agricultural Economics*, 40(5), 493–505. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2009.00393.x>

Medina-Enríquez, M. (2015). *Acciones estratégicas para la red de valor tilapia cultivada en granja en el estado de Jalisco*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.

- Monge P., M., & Hartwich, F. (2008). Análisis de Redes Sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 14(2), 1–31. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.118>
- Muñoz-Rodríguez, M., Altamirano-Cárdenas, J. R., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & Espejel-García, A. (2007). *Innovación: motor de la competitividad agroalimentaria-políticas y estrategias para que en México ocurra*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Muñoz-Rodríguez, M., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., García-Muñiz, J. G., & Altamirano-Cárdenas, J. R. (2004). *Redes de Innovación: Un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el Desarrollo Rural*. Programa de investigación y transferencia de tecnología Michoacán 2004 (Primera ed.). Morelia, Michoacán: Fundación Produce de Michoacán/Universidad Autónoma Chapingo.
- Muñoz, R. M., & Santoyo, C. H. (2010). *Pautas para desarrollar redes de innovación rural*. In Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural (pp. 71–100).
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). An evolutionary theory of economic change. *The Economic Journal*, 93. <https://doi.org/10.2307/2232409>
- Newth, D., Finnigan, J. J., & Cai, Y. (2018). Economic shifts in agricultural production and trade due to climate change. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0164-y>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Oble-Vergara, E., Almaguer-Vargas, G., González-Aguirre, R. L., & Ocampo-Ledesma, J. G. (2017). Influencia del capital social en los procesos de

innovación agrícola. *Textual*, (70), 9–25.
<https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.70.002>

Pablo-Orsorio, P. C. (2012). *Trayectoria, innovaciones y redes en pequeños productores de rosa de corte*. Caso Coatepec Harinas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.

Palomino- Núñez, S. J. (2016). *Estrategia comercial de acuicultores de tilapia de granja, para atender el mercado de restauranteros de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.

Radjou, N. (2004). Innovation networks. A new market structure will revitalize invention-to-innovation cycles. *Forrester Big Idea*, 1–20.

Ramírez, V. J. D. (2019). *Capacidad comercial y factores de competitividad en la red de productores de maíz (Zea mays) en Valles Centrales, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.

Rendón-Medel, R., Díaz-José, J., Hernández-Hernández, B., & Camacho-Villa, T. C. (2015). Modelos de intermediación en la extensión agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 139–150.

Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Altamirano-Cárdenas, J. R., & Muñoz-Rodríguez, M. (2007). *Etapas del mapeo de redes territoriales de innovación* (Primera Ed). México: Universidad Autónoma Chapingo.

Rocillo-Aquino, Z. I. (2017). *Análisis de los negocios comercializadores de pulque: Propuesta estratégica para su fortalecimiento en el centro de México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.

Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations* (Tercera Ed). New York: The Free Press. <https://doi.org/citeulike-article-id:126680>

- Roldán-Suárez, E., Rendón-Medel, R., & Cadena-Iñíguez, P. (2016). Identificación de Módulos Demostrativos en Estrategias de Gestión de la Innovación. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(2), 179–192. Retrieved from <http://www.colpos.mx/asyd/revista.php?v=13&n=2>
- Roldán-Suárez, E., Rendón-Medel, R., Camacho-Villa, T. C., & Aguilar-Ávila, J. (2018). Gestión de la interacción en procesos de innovación rural. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 1–17.
- Roldán-Suárez, E. (2018). *Gestión de redes de innovación en la producción de maíz en México*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo.
- Sánchez-Gómez, J., Rendón-Medel, R., & Cervantes-Escoto, F. (2016). Efecto de la Intervención de un agente de cambio en redes locales de innovación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 3023–3037. Retrieved from <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/es/282-rss/3958-efecto-de-la-intervencion-de-un-agente-de-cambio-en-redes-locales-de-innovacion>
- Sánchez-Gómez, J., Rendón-Medel, R., Cervantes-Escoto, F., & López-Tirado, Q. (2013). El agente de cambio en la adopción de innovaciones en agroempresas ovinas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(3), 305–318. Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=265628467009>
- Sanz, M. L. (2003). Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 7, 21–29. <https://doi.org/10.1007/s10588-006-7084-x>
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. (T. & F. E-Library, Ed.). George Allen & Unwin. Completar
- Scopus. (2019). *Análisis bibliométrico*. Retrieved from <https://www.scopus.com/home.uri>

- Secretaría de Economía-SE.(2010). *Comercialización*. Retrieved from <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/productos-servicios/comercializacion>
- Semitiel, G. M., & Noguera, M. P. (2004). Los Sistemas Productivos Regionales desde la perspectiva del Análisis de Redes. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 6(2), 1–26. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.54>
- Shutters, S. S. T., & Muneeppeerakul, R. (2012). Agricultural trade networks and patterns of economic development. *PloS One*, 7(7), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039756>
- Teja-Gutiérrez, R., Almaguer-Vargas, G., Rendón-Medel, R., & López-Lira, N. (2013). Redes y análisis organizacional: roles, posiciones y poder de fragmentación de las relaciones sociales y comerciales. *Revista Global de Negocios*, 8(2), 1208–1219. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1518914617?accountid=14777>
- Uriza Ávila, D. E., Torres Ávila, A., Aguilar Ávila, J., Santoyo Córtes, V.H., Zetina Ledezma, R., & Rebolledo Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Completar
- Urquía, N. (2014). Impulsar la agricultura familiar para alcanzar la seguridad alimentaria local y mundial. *EnIACe*, (21), 9–12.
- USAID, & CIMMYT. (2019). Proyecto Buena Milpa. Presentación de Resultados 2015-2019. Completar
- Valerio-Robles, M., Rendón-Medel, R., Toledo, J. U., & Díaz-José, J. (2016). Adoption of conservation agriculture practices in Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 3103–3113.

- Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., Camacho-Vera, J. H., Aguilar-Ávila, J., & Ocampo-Ledesma, J. G. (2015). Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 827–840.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis. Methods and Applications*. (M. S. Granovetter, Ed.) (Cambridge). Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- Wejnert, B. (2002). Integrating models of diffusion of innovations: a conceptual framework. *Annual Review of Sociology*, 28(1), 297–326. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.28.110601.141051>
- Zambada-Martínez, A., Cadena-Iñíguez, P., Ayala-Sánchez, A., Sedas-Larios, L. E. I., Pérez-Guel, R. O., Francisco-Nicolás, N., Rendón-Medel, R. (2013). Red de articulación institucional y organizacional para gestionar innovaciones en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(4), 443–458.

CAPÍTULO 3. UNRAVELING INNOVATION NETWORKS IN CONSERVATION AGRICULTURE USING SOCIAL NETWORK ANALYSIS³

Juan Manuel Aguirre-López¹; Julio Díaz-José^{2,3,*}; Petra Chaloupková⁴; Francisco Guevara-Hernández⁵

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México.

² Tecnológico Nacional de México- Campus Zongolica, Veracruz, México.

³ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

⁴ Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

⁵ Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas, México.

*Corresponding author. *E-mail*: juliodiaz.jose@gmail.com

Abstract

Among other things, agriculture has focused on developing more sustainable forms of land use while promoting food productivity. To face these challenges, conservation agriculture (CA), which is based on minimal soil disturbance, mulching of crop residues and crop rotation, has been promoted as an ecosystem approach to sustainable agriculture. Using social network analysis (SNA) methods, we analyzed the adoption patterns of CA practices among 222 maize smallholder farmers in the Mexican state of Chiapas. Our findings suggest that, in the process of adopting CA practices, farmers make interrelated decisions based on network and individual attributes, rather than accepting top-down transfers, as usually promoted by institutions. The role of extension agents and other farmers is crucial for innovation dissemination, given that farmers learn different practices from different sources. This points to the need to strengthen participatory methods and promote sustainability in agriculture, rather than apply the usual hierarchical mechanisms in the innovation dissemination process.

Keywords: *Social Network Analysis, Innovation Adoption, Conservation Agriculture, Agricultural Sustainability.*

³ Este capítulo ha sido publicado (diciembre 7, 2019) como capítulo de libro: *Challenges in Social Network Research, Methods and Applications*, editado por Ragozini, Giancarlo, Vitale, Maria Prosperina, como parte de la serie *Lecture Notes in Social Networks*, publicado por © Springer Nature Switzerland AG 2019 https://doi.org/10.1007/978-3-030-31463-7_9.

3.1 Introduction

In Mexico, maize (*Zea mays* L.) is grown on 7.4 million ha, with an average yield of 3.3 t/ha, which in 2016 resulted in the production of 28.25 million tons (SIAP, 2017). The estimated per capita maize consumption in the country is nearly 267 g/person/day (Ranum, Peña-Rosas, & García-Casal, 2014), making this grain the main source of protein and calories for the human population in poor rural areas (Shiferaw, Prasanna, Hellin, & Bänziger, 2011). Thus the importance of maize in Mexico goes far beyond its economic benefits, which may seem to break with economic rationality, given the social significance of maize and the opportunity that it offers for the livelihoods of most of the rural population (Appendini, 2014; Eakin, Perales, Appendini, & Sweeney, 2014). Given the importance of this crop, institutions are actively promoting more sustainable agriculture for producing maize in order to maintain the advantages that ecological agricultural practices provide. In recent years, agricultural system sustainability has focused on the need to develop new technologies and practices that address extensive soil degradation, are effective and accessible to farmers and improve agricultural productivity (Power, 2010; Pretty, 2008; Pretty et al., 2010). To face these challenges, conservation agriculture (CA) -"a farming system that promotes maintenance of a permanent soil cover, minimum soil disturbance (i.e. no tillage), and diversification of plant species" (<http://www.fao.org/conservation-agriculture/>)- is widely promoted as an option of sustainable agriculture. However, challenges remain for the adoption of CA principles, especially in the case of poor farmers (Erenstein, Sayre, Wall, Hellin, & Dixon, 2012) who require complementary practices to make CA a more functional system for guaranteeing success when applying these practices (Thierfelder et al., 2018).

In Mexico, CA practices have been promoted by research institutions such as the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), the National Forestry, Agricultural and Livestock Research Institute (INIFAP) and other government initiatives such as the Trust Funds for Rural Development (FIRA). Using different extension strategies, those institutions are actively promoting the

adoption of CA principles by smallholder farmers in regions such as Chiapas. However, during recent decades, new actors and institutions have entered agricultural production and markets, which suggests the need to change less linear agricultural extension approaches⁴ for more sophisticated methods, in order to understand and exploit new opportunities (Spielman, Ekboir, & Davis, 2009). In this way, new approaches such as agricultural innovation systems (AIS) have become important for understanding challenges and identifying opportunities to improve the innovation capacity of agricultural systems (Kilelu, Klerkx, & Leeuwis, 2013), in which diverse actors contribute to the innovation process. Thus, the AIS approach can contribute to addressing discrepancies between policy changes, actors and their relationships, and productivity issues (Spielman, Davis, Negash, Gezahegn, & Ayele, 2011). CA adoption process is most efficient when a local AIS emerges and begins to acquire a self-sustaining dynamic as a result of the interaction between different types of actors (Erenstein et al., 2012). Several studies have highlighted the importance of analyzing social networks, because to understand agricultural adoption rates, it is necessary not only to have information about individual attributes, but also about social contacts (Basu & Leeuwis, 2012; Cadger, Quaicoo, Dawoe, & Isaac, 2016; Janker, Mann, & Rist, 2018; Matuschke & Qaim, 2009).

As stated above, agricultural innovation studies have brought out the importance of network structural attributes (Boahene, Snijders, & Folmer, 1999; Spielman et al., 2011) as well as individual attributes (Feder & Umali, 1993; Mwaseba, Kaarhus, Johnsen, Mvena, & Mattee, 2006) in the adoption and dissemination of agricultural innovations, by looking at patterns in sets of practices rather than in

⁴ Linear extension models increase agricultural production through technology transfer and adoption, if research addressed farmers' problems and using a "supply" orientation for delivering new technologies. However, this approach has been criticized for being inefficient and poorly targeted.

one specific practice. Indeed, particularly in the case of CA principles, farmers view adoption as a series of diverse decisions, rather than a single decision (Ward, Bell, Droppelmann, & Benton, 2018). Hence, Social Network Analysis (SNA) allows us to explore the characteristics of a network and understand emerging patterns within the innovation process. SNA is a powerful set of tools for representing and analyzing innovation dissemination and adoption (Díaz-José et al., 2016; A. Hall, Rasheed Sulaiman, Clark, & Yoganand, 2003; Spielman et al., 2011) as well as interventions (Valente, 2012). However, although many studies recognize the importance of analyzing attributes and learning relationships, most focus on one or the other, and ignore combined analyses that address both criteria jointly. In addition, studies that have used SNA in agriculture focus on the use of indicators such as density, intermediation and centrality (Díaz-José et al., 2016; Matuschke & Qaim, 2009; Spielman, Davis, Negash, & Gezahegn, 2008) and do not include individual attributes. An alternative way of analyzing both criteria is to use SNA techniques that include individual attributes such as age, education and level of new practice adoption, as well as learning relationships.

Hence, there is need for more robust analysis when combining both structural and individual attributes to study the innovation process, in order to better understand how farmers share and adopt the CA principles and other complementary practices through their learning relationships (Khataza, Doole, Kragt, & Hailu, 2018; Ward et al., 2018). In agriculture, most social network analysis is concerned with the “one-mode” case - i.e., the analysis of relationship ties among peers. However, sometimes researchers study relations between two types of actors, where ties exist only between nodes belonging to different events –in this case, which farmers are practicing one or the other innovation. These kinds of data are referred to as “two-mode” networks, also known as affiliation networks or bipartite networks (Stephen P. Borgatti & Everett, 1997). Thus, this paper aims to fill this gap by exploring the utility of performing SNA of affiliation networks, and then transforming the two-mode network into a one-mode network using the projection method, considering individual attributes as well as network indicators (Baird,

2017; Everett, 2016; Faust, 1997). Then, using the two-mode network approach, we show how patterns emerge in the CA innovation adoption process by analyzing the learning relationships among smallholder maize farmers, while participating in the MasAgro⁵ initiative in La Frailesca, a region in the state of Chiapas, Mexico.

3.2 Methods

3.2.1 Data collection and management

Using a snowball sampling method, 222 maize farmers were surveyed to obtain information on relationships for learning CA practices in the La Frailesca region, Chiapas, Mexico. Farmers who participated in the Sustainable Modernization of Traditional Agriculture (MasAgro) initiative, implemented by CIMMYT during the 2013-2014 period, were selected. Data were collected using an egocentric approach to capture direct personal information from the stakeholders. Using a catalog of agricultural practices, the questionnaire included questions such as: Which practices you are performing? From whom did you learn to apply these practices? Other attributes were also recorded, such as age, education, municipality to which the farmers belong, area size and yields. The present study assumes that if two farmers apply the same practice, this implies interaction. In order to analyze emerging patterns in the innovation process, a matrix was constructed based on the source of information. We also constructed three networks: (1) an affiliation network of actors and innovations; (2) a network of agents or farmers; and (3) a network of events or innovations. Finally, a vector

⁵ MasAgro, an initiative of Mexico's Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA) and the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), brings together national and international organizations in partnership with innovative Mexican farmers to obtain higher and more stable crop yields (<https://www.cimmyt.org/es/project-profile/masagro-productor/>).

based on an Innovation Adoption Index (*InAI*) was constructed in order to apply a regression model.

3.2.2 The affiliation network and projection

The affiliation networks

The affiliation network is based on a two-mode network (Stephen P. Borgatti & Everett, 1997), where the first mode represents the set of actors $N = \{n_1, n_2, \dots, n_g\}$ in this case the smallholder farmers, and the second mode represents the set of events $M = \{m_1, m_2, \dots, m_g\}$ or the agricultural innovations they practice. The affiliation network matrix is denoted by $A = \{a_{ik}\}$ and represents the affiliation of the actors with the events (Faust, 1997). The element A takes the value 1, if actor i takes part in the event k , and 0 otherwise.

$$a_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{if actor } i \text{ practice an innovation } k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

The sum of each row in the affiliation network matrix is the number of innovations an actor performs. The sum of each column represents the number of actors practicing a specific innovation. Actors and innovations can be also represented independently as a "one-mode" value network as follows.

Network of actor co-memberships (smallholder farmers)

Using the one-mode network approach, the matrix denoted by X^N indicates the number of memberships shared by each pair of actors. There is a relationship between two actors if they share at least one event or agricultural practice. We then construct an adjacent matrix of this X^N network of size $n \times n$. An element of X^N is noted by x_{ik}^N with $i, k \in N$. x_{ik}^N takes the value 1 if i and k have at least one event in common and if $i \neq k$ and takes the value 0 otherwise.

$$x_{ik}^N = \begin{cases} 1 & \text{if } i \text{ and } k \text{ share at least one agricultural practice and if } i \neq k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

We can then build the value matrix X_V . If, for example, two farmers share two different practices, then we can set the value of the coefficient $x_{ik} = 2$. The value matrix is:

$$X_V^N = A \times A^T$$

where A is the affiliation matrix and (A^T) the transposed matrix. The values on the diagonal of X_V^N represent the number of innovations each farmer applies.

Network of events (innovations)

We then use the same method to construct the innovations network, formed by a set of events or innovations M and edges L_M . Two innovations have an edge if at least one farmer applies the two innovations. The adjacency matrix of innovations X^M was constructed and noted as x_{jl}^M . A coefficient of this matrix is:

$$x_{jl}^M = \begin{cases} 1 & \text{if } j \text{ and } l \text{ share at least one agricultural practice and if } j \neq l \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

As with the matrix of farmers, we can build the valued matrix of innovations X_V^M . If two innovations have two farmers in common, then we can set the value of the coefficient $x_{jl}^M = 2$. This matrix is:

$$X_V^M = A^T \times A$$

with A the affiliation matrix and A^T its transposed. The values on the X_V^M diagonal represent the number of farmers per innovation.

Innovation Adoption Index

In order to measure the farmers' innovation levels, the *InAI* was constructed, that represents the proportion of innovations adopted by a particular farmer (Muñoz-Rodríguez et al., 2004):

$$InAI_i = \frac{\sum_{j=1}^n Innov_{i,j}}{n}$$

where:

$Innov_{i,j}$ = Adoption of the j innovation by farmer i .

n = number of innovations performed by farmers in the study region.

3.2.3 Data analysis

The data analysis was carried out in three stages: i) actors and CA practices were analyzed to identify relationships and sources of information; ii) agricultural practices were analyzed to determine patterns of adoption; and iii) innovation adoption based on network and individual attributes were analyzed in order to explore the influence of network indicators and individual attributes in the innovation adoption process. First, the information source matrix was analyzed based on the affiliation network (section 2.2). Second, centrality measures were calculated based on the three networks; then, using the network of innovations (network of events or innovations) and the Yule's Q coefficient (Lewis-Beck, Bryman, & Futing Liao, 2004) a heat map was created to identify emerging patterns in the innovation adoption. The *community detection based on edge betweenness - Newman-Girvan* (Girvan & Newman, 2002) function was also applied at this stage to find which practices are performed "together" by farmers. Finally, in order to assess the impact of the network's structural and individual attributes on the individual $InAI$, we carried out a Multiple Regression Quadratic Assignment Procedure (MR-QAP) test, which are permutation tests for multiple linear regression model coefficients, using data organized in square matrices of relatedness among n objects (S.P. Borgatti, Everett, & Johnson, 2013).

The analysis and visualization in stages i) and ii) were carried out using the R software (Circlize package (Gu, Gu, Eils, Schlesner, & Brors, 2014) and Igraph package (Csardi, 2006)). Using Ucinet 6.627 (S. P. Borgatti et al., 2002) farmers' attributes (age, municipality, area and education) were recorded and converted to one-mode networks, as were the regression calculations using the MR-QAP function.

3.3 Results and discussion

Actors and CA practices

Extension agents, relatives and other farmers are the main sources of information and learning for smallholder farmers. It is also clear that different practices are learned from different actors (Figure 1). This coincides with findings in other regions (Opara, 2008) in which the extension agents and fellow farmers were the most important sources of knowledge. The adoption of one or another practice is based on multiple factors such as experience, the complexity of the practice or the infrastructure needed to apply new technologies. In this study, it is clear how smallholder farmers adopt the credit use from actors playing multiple roles -i.e., extension agents from public or research institutions and those working for private agriculture companies- because they are playing "*brokerage*" roles in the innovation process. In this sense, the links emerging from this kind of patterns are crucial for policy decision makers; for example, research institutions specially, cannot always cover a large number of farmers in the innovation dissemination process and need other actors playing "*brokerage*" roles (Klerkx & Aarts, 2013) to spread the new technology or knowledge they are producing.

In the affiliation network, there were 222 farmers and 17 practices with a density of 0.358. The centrality results show that the most used practices in order of importance are those related to pest and disease management and nutrition; on the other hand, practices with low rates are those related to the use of specialized machinery, cover crops, micronutrients use, as well as, some of the most important practices in CA, such as crop rotation. The results indicate that, despite the value of CA practices being applied, there are some practices that have not been adopted by farmers, such as coverage with crops or green fertilizers. There are some contextual limitations to adopting CA practices, on the one hand, because of the difficulty of adapting the CA system to the context of small farmers; and on the other, because of the limited capacity to invest in aspects such as specialized machinery, which require a high initial investment (Corbeels et al., 2014). In general, this pattern of relationships reflects that farmers apply practices

that in the short term solve emerging problems like weed and pest control, which are crucial in maize production, and set aside those practices that represent CA principles, which in the medium and long term, would lead to higher and stable maize yields and increase productivity in long term. These results coincide with (Speratti et al., 2015) about the limited adoption of CA practices in regions such as Central America and the Andean region, where socioeconomic constraints, access to suitable machinery and uncoordinated efforts of stakeholders are factors that explain the low rates of adoption.

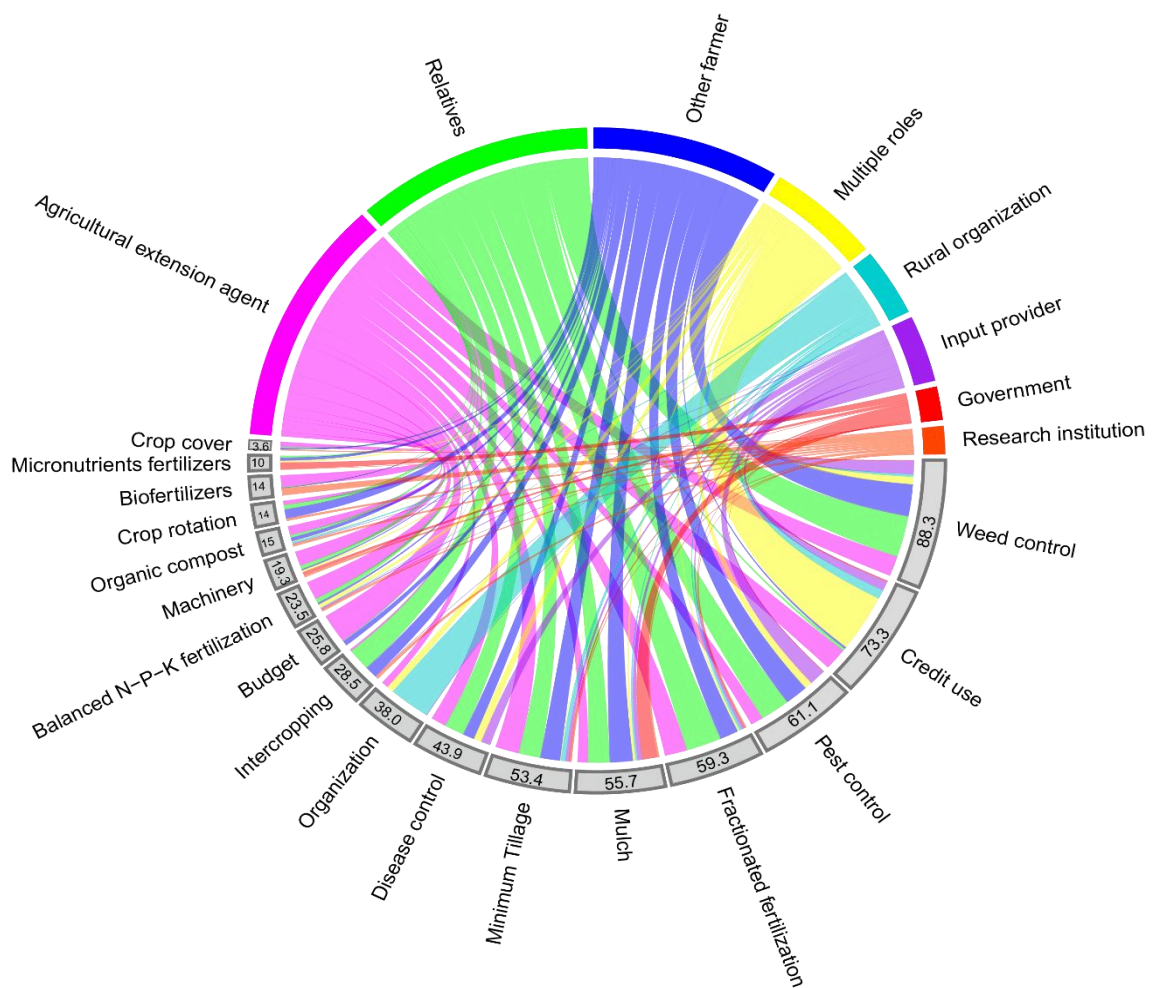


Figura 3-1. Chord diagram of the one-mode CA practices network and information sources.

Note: In the circle, the upper half (color) refers to different actors as information sources for learning, and the lower half (white) refers to CA and other complementary practices farmers are carrying out. Clockwise order (going from + to -) shows the importance of each component (sources and practices). Color lines indicate the "source" from which each "practice" is learned by smallholder farmers. The thickness of the line is weighted by the number of times each farmer indicated different actors as the main source of learning. Numbers within the gray segments refer to the "network degree" as the number of farmers practicing that innovation in percentage terms.

Pattern of agricultural practices In the Yule's Q indicator, the index (-1 to +1 going from the red to a blue gradient) indicates a relationship between agricultural practices. A farmer who practices crop cover combines this with the use of specialized machinery (0.77), crop rotation (0.74) and micronutrient fertilizers (0.72); while farmers who access credit do not apply the specialized practices, like crop cover (-0.8) and crop rotation (0.05), required by conservation agriculture (Figure 2a). The latter may possibly reflect that only capitalized farmers can implement the representative CA practices.

On the other hand, when the patterns of adoption of practices are analyzed under a "bundles" scheme rather than practices carried out at the individual level (Figure 2b), three large groups are identified: the first (1) is related to the conventional pest and nutrition maize production practices (crop cover and pest control); the second group (2) includes practices related to minimum tillage, disease and weed control; and the third group (3) includes the most complex and costly practices that are carried out by a smaller group of farmers (19%) and promoted by the MasAgro initiative, such as crop rotation and the use of special machinery.

Adopting packages of agricultural practices or new technologies is a complex decision for farmers to make, because they involve several factors. On the one hand, factors related to the environmental conditions in which the production system developed, as well as the role of agricultural extension services, i.e., to follow up on and supervise the practices that are carried out. There are also some implicit individual attributes such as farmers' schooling, capitalization and access to specialized knowledge, particularly in the case of complex practices (Dhar, Islam, Jannat, & Ahmed, 2018; Ward et al., 2018). Findings here agree with the study by (Lahmar, 2010) on the adoption of CA in Europe, where CA practices were adopted following a "step by step" strategy, where the largest farmers are the ones that adopt them more quickly, because they can absorb the risks involved in carrying out practices such as minimum tillage and mulching.

Nevertheless, the adoption of "bundles" of practices does not reflect a CA adoption pattern as it is conceived by extension services. Visualizing CA as a "package" may overestimate the decision-making process faced by the farmer, because it treats the adoption process as a simple decision, rather than as a series of interrelated decisions (Ward et al., 2018) in which synergies and complementarities arise. In Brazil, CA adoption was encouraged by the reduction in production costs and evident reduction in soil erosion (Speratti et al., 2015). However, particularly in southeastern Mexico and Central America, short-term priorities and land tenure restrictions are socioeconomic constraints to adopting CA, and sequential implementation is needed for smallholder farmers considering the management of local knowledge (Cotler & Cuevas, 2019). However, in other regions, findings suggest that it is not clear that CA is adopted through sequential implementation using the "ladder approach", and that possibly the "all in one" approach, going from small to larger scales, would probably be more feasible (Thierfelder et al., 2018).

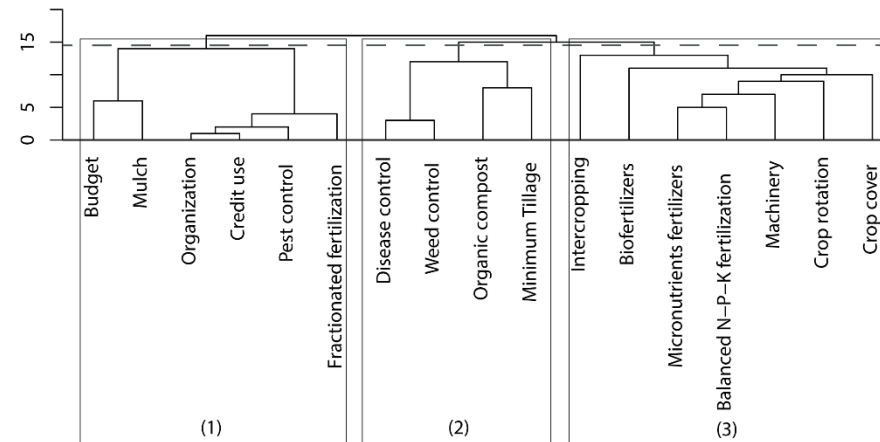
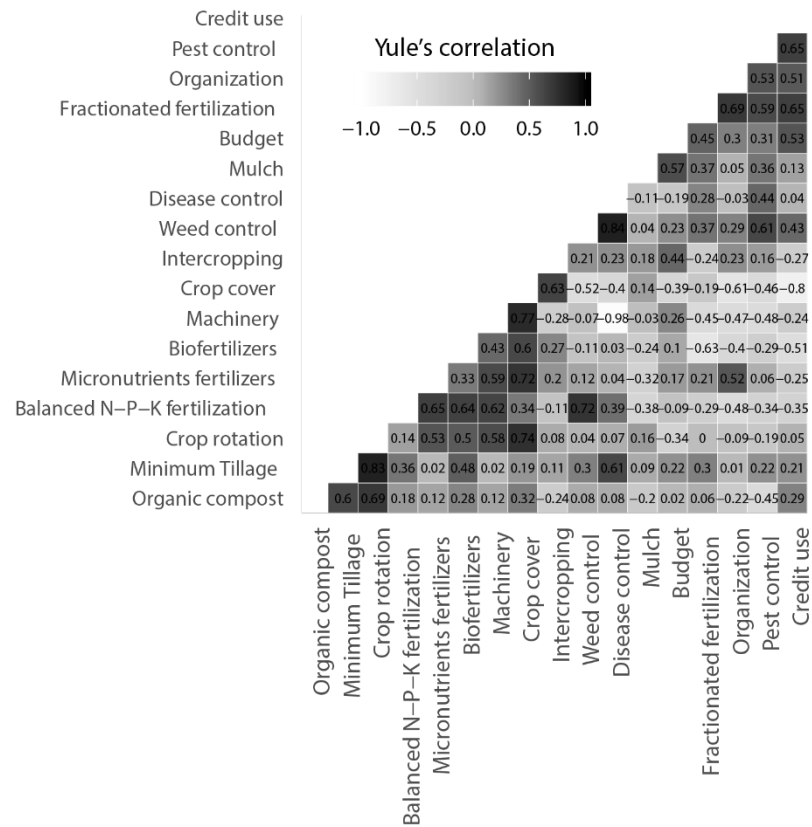


Figure 3-2a. Correlation matrix heat map shows how each practice is adopted from each other, ranging from 1 (positive - blue) to -1 (negative - red), using Yule's Q correlation indicator. 3-2b. A cluster analysis shows bundles of practices in the emerging adoption pattern. The height of the fusion on the vertical axis indicates the dissimilarity (using Euclidean distance) between two observations. The higher the distance is, less similar the observations are.

Innovation adoption based on network and individual attributes

Table 1 shows the descriptive statistics of the main variables analyzed in the MR-QAP regression model that was constructed based on the network of events or innovations and the individual attributes network, modeling the effect of two sets of independent variables (network variables and individual attributes) and a dependent variable related to the *InAI*. Network variables such as *betweenness* capture the "power" of an actor based on his position in the network, that is, the higher the number of "powerful" actors in the network, the higher the number of shared innovations. The *innovation co-attendance* variable was constructed based on the event or innovations matrix, and it assumes that if a farmer applies the same practice as another of his fellow farmers, they have a strong learning relationship. Therefore, they are likely to have the same innovation adoption pattern.

On the other hand, the individual attribute variables capture several of the farmers' characteristics, such as education, age, whether they belong to the same municipality or whether they have a similar amount of land as the other farmers. This makes it possible to answer questions such as, for example, do farmers who live in the same municipality tend to use the same agricultural practices? This is crucial for agricultural extension services, whether public or private, because these types of patterns reveal the priorities or restrictions farmers face when adopting CA practices.

When analyzing the innovation adoption process, endogenous and exogenous effects that determine adoption can be identified (Matuschke & Qaim, 2009). The exogenous effects are related to specific characteristics, such as the education or age of the members of a network, that have a direct effect on the decision to adopt a practice or not. Endogenous effects are related to how a member of the network behaves at the individual level when taking a decision (for example, whether to adopt a new technology). Table 2 indicates that both network and individual attributes are moderately associated with the *InAI*. When analyzing the network indicators, the betweenness index in this case indicates the value of farmers who

are carrying out multiple practices that others also perform (Faust, 1997). This indicates that there are farmers who play the role of "brokers", are structurally well positioned within the network and share the same practices as other farmers; this is reinforced when analyzing the same practice co-attendance indicator. The fact that a farmer applies the same practices as his peers, implies that he has similar knowledge and experience about one or another practice. This explains two phenomena: first, farmers have been exposed to the same learning sources and similar experiences; and second, farmers who have similar knowledge, reach similar processes of "understanding" as their peers. This would facilitate the flow of information and knowledge of the most specialized practices for research centers and/or agricultural extension services, and indicates the importance of promoting interactions between different actors, in order to promote the adoption of CA practices (Conley & Udry, 2010).

Finally, age and education were the most important individual attributes for reaching a higher innovation index. Education has been a variable that determines the adoption of new farming practices (Abdulai & Huffman, 2005; Bordenave, 1976; Feder & Umalí, 1993), given that farmers with a higher educational level are more likely to apply practices that require a higher specialization level; as for age, younger farmers always tend to assume higher risks (Feder & Umalí, 1993; Warriner & Moul, 1992).

It is important to mention that these findings suggest association and not causality, and when interpreting the R-square, one should keep in mind that network variables may be overestimated due to the structure of the data (Baird, 2017). However, this type of analysis allows studying emerging patterns in the structure of innovation adoption and highlights how analyzing the structure of relationships and individual attributes is important for exploring patterns of adoption behavior, especially for decision makers and agricultural extension agents.

Central America, which extends from southeastern Mexico to Panama and the Caribbean, is a region most vulnerable to disaster because of its location, its high climatic variability, as well as the extreme events that have occurred in recent

years (FAO, 2015), and which continue to significantly affect the region's small farmers. Studies suggest that to improve food production, it would be much more efficient to implement agricultural practices such as CA because they would improve food security and mitigate climate change (Arcanjo, 2018). This could be achieved mainly by providing educational agricultural programs for farmers, so they could implement new practices and improve some of the ones they are already applying (Cotler & Cuevas, 2019). This case study shows that SNA is a tool that could contribute to a better understanding of the educational patterns and processes that emerge during interactions aimed at adopting farming practices that can increase the resilience of the region's agriculture to climate change.

Cuadro 3-1. Descriptive statistics and Pearson's correlation coefficients for network structural and individual attributes.

Variables	Min	Max	Mean	Std Dev	Pearson's correlation coefficients					
					[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Dependent variable										
[1] <i>lnAI</i>	5.9	82.4	35.7	14.0						
Independent variables										
<i>Network variables</i>										
[2] Betweenness	0	1	0.47	0.34	0.54***					
[3] Innovation co-attendance	0	11	3.15	1.87	0.52***	0.40***				
<i>Individual attributes</i>										
[4] Schooling	0	17	4.23	3.84	0.12**	0.02	0.12**			
[5] Age	21	89	53.31	13.64	0.00	0.00	-0.07*	-0.05		
[6] Same municipality	1	3	--	--	0.01***	-0.03**	0.01	0.02	-0.01	
[7] Same area	0.5	34	3.75	3.92	0.01	0.00	0.01	0.02*	0.01	0.00

Note: Statistics for network variables calculated based on transformations of two-mode networks into one-mode affiliation network using UCINET 6.627 (S. P. Borgatti et al., 2002). ***p< 0.001, **p< 0.01, *p<0.05

Cuadro 3-2. MR-QAP regression model.

Dependent variable: <i>lnAI</i>	Standardized Coefficient	<i>P-value</i>	Std Err
<i>Network attributes</i>			
Betweenness	0.394	0.001	0.010
Same practice co-attendance	0.360	0.001	0.002
<i>Individual attributes</i>			
Academic level	0.076	0.001	0.000
Age	0.033	0.020	0.040
Municipality	-0.054	0.001	0.003
Surface	-0.013	0.001	0.002
Intercept	0.000	0.000	0.000
<i>R-square (adjusted)</i>	<i>(0.414)</i>	0.000	

Note: MR-QAP linear regression method (two thousand permutations.) using UCINET 6.627 for Windows (S. P. Borgatti et al., 2002).

3.4 Conclusions

Using SNA, this study examined the emerging patterns in the process of disseminating and adopting CA practices. We found that "bundles" of CA and other complementary practices emerge separately, as part of the interactions between the different stakeholders involved in the innovation process, but also as part of farmers' individual attributes and relationships. A key policy implication is that the government needs to strengthen participatory methods to promote sustainability in agriculture, rather than apply the usual hierarchical mechanisms in the innovation dissemination process. The main implication of our study for methodological issues is the use of SNA as a tool for analyzing innovation dissemination and adoption in sectors such as agriculture, and how SNA methods can reveal patterns in different analytical units/levels: the technology or practice, the individual, the external influences or the innovation system. A limitation of this kind of approach is that it privileges structural analysis over that the discursive, and some gaps could remain for a better understanding of CA adoption. This also indicates that future research needs to combine qualitative and quantitative methods when conducting SNA, in order to achieve a deeper understanding of discursive formations in the innovation dissemination and adoption process, mainly for the individual dimension.

3.5 References

- SIAP: *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*, <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Date Accessed: 2017-07-01.
- Ranum, P., Peña-Rosas, J.P., Garcia-Casal, M.N.: Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1312, 105–112 (2014).
- Shiferaw, B., Prasanna, B.M., Hellin, J., Bänziger, M.: Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*. 3, 307–327 (2011).
- Eakin, H., Perales, H., Appendini, K., Sweeney, S.: Selling Maize in Mexico: The Persistence of Peasant Farming in an Era of Global Markets. *Development and Change*. 45, 133–155 (2014).
- Appendini, K.: Reconstructing the Maize Market in Rural Mexico. *Journal of Agrarian Change*. 14, 1–25 (2014).
- Pretty, J., Sutherland, W.J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bell, M., Bentley, J., Bickersteth, S., Brown, K., Burke, J., Campbell, H., Chen, K., Crowley, E., Crute, I., Dobbelaere, D., Edwards-Jones, G., Funes-Monzote, F., Godfray, H.C.J., Griffon, M., Gypmantisiri, P., Haddad, L., Halavatau, S., Herren, H., Holderness, M., Izac, A.-M., Jones, M., Koohafkan, P., Lal, R., Lang, T., McNeely, J., Mueller, A., Nisbett, N., Noble, A., Pingali, P., Pinto, Y., Rabbinge, R., Ravindranath, N.H., Rola, A., Roling, N., Sage, C., Settle, W., Sha, J.M., Shiming, L., Simons, T., Smith, P., Strzepeck, K., Swaine, H., Terry, E., Tomich, T.P., Toulmin, C., Trigo, E., Twomlow, S., Vis, J.K., Wilson, J., Pilgrim, S.: The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 8, 219–236 (2010).

- Pretty, J.: Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences.* 363, 447–65 (2008).
- Power, A.G.: Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences.* 365, 2959–2971 (2010).
- Erenstein, O., Sayre, K., Wall, P., Hellin, J., Dixon, J.: Conservation Agriculture in Maize- and Wheat-Based Systems in the (Sub)tropics: Lessons from Adaptation Initiatives in South Asia, Mexico, and Southern Africa. *Journal of Sustainable Agriculture.* 36, 180–206 (2012).
- Thierfelder, C., Baudron, F., Setimela, P., Nyagumbo, I., Mupangwa, W., Mhlanga, B., Lee, N., Gérard, B.: Complementary practices supporting conservation agriculture in southern Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* 38, (2018).
- Spielman, D.J., Ekboir, J., Davis, K.: The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technology in Society.* 31, 399–405 (2009).
- Kilelu, C.W., Klerkx, L., Leeuwis, C.: Unravelling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: Contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural Systems.* 118, 65–77 (2013).
- Spielman, D.J., Davis, K., Negash, M., Ayele, G.: Rural innovation systems and networks: Findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agriculture and Human Values.* 28, 195–212 (2011).
- Matuschke, I., Qaim, M.: The impact of social networks on hybrid seed adoption in India. *Agricultural Economics.* 40, 493–505 (2009).

- Basu, S., Leeuwis, C.: Understanding the rapid spread of System of Rice Intensification (SRI) in Andhra Pradesh: Exploring the building of support networks and media representation. *Agricultural Systems*. 111, 34–44 (2012).
- Cadger, K., Quaicoe, A., Dawoe, E., Isaac, M.: Development Interventions and Agriculture Adaptation: A Social Network Analysis of Farmer Knowledge Transfer in Ghana. *Agriculture*. 6, 32 (2016).
- Janker, J., Mann, S., Rist, S.: Social sustainability in agriculture – A system-based framework. *Journal of Rural Studies*. (2018).
- Boahene, K., Snijders, T.A., Folmer, H.: An Integrated Socioeconomic Analysis of Innovation Adoption. *Journal of Policy Modeling*. 21, 167–184 (1999).
- Feder, G., Umali, D.L.: The adoption of agricultural innovations. A review. *Technological Forecasting and Social Change*. 43, 215–239 (1993).
- Mwaseba, D.L., Kaarhus, R., Johnsen, F.H., Mvena, Z.S.K., Mattee, A.Z.: Beyond adoption/rejection of agricultural innovations: Empirical evidence from smallholder rice farmers in Tanzania. *Outlook on Agriculture*. 35, 263–272 (2006).
- Ward, P.S., Bell, A.R., Droppelmann, K., Benton, T.G.: Early adoption of conservation agriculture practices: Understanding partial compliance in programs with multiple adoption decisions. *Land Use Policy*. 70, 27–37 (2018).
- Díaz-José, J., Rendón-Medel, R., Govaerts, B., Aguilar-Ávila, J., Muñoz-Rodríguez, M.: Innovation Diffusion in Conservation Agriculture: A Network Approach. *The European Journal of Development Research*. 28, 314–329 (2016).
- Hall, A., Rasheed Sulaiman, V., Clark, N., Yoganand, B.: From measuring impact to learning institutional lessons: An innovation systems perspective on

- improving the management of international agricultural research. *Agricultural Systems*. 78, 213–241 (2003).
- Valente, T.W.: Network interventions. *Science* (New York, N.Y.). 337, 49–53 (2012).
- Spielman, D.J., Davis, K., Negash, M., Gezahegn, A.: Rural innovation systems and networks: findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agric Hum Values*. 18 (2008).
- Khataza, R.R.B., Doole, G.J., Kragt, M.E., Hailu, A.: Information acquisition, learning and the adoption of conservation agriculture in Malawi: A discrete-time duration analysis. *Technological Forecasting and Social Change*. 132, 299–307 (2018).
- Borgatti, S.P., Everett, M.G.: Network analysis of 2-mode data. *Social Networks*. 19, 243–269 (1997).
- Faust, K.: Centrality in affiliation networks. *Social Networks*. 19, 157–191 (1997).
- Everett, M.G.: Centrality and the dual-projection approach for two-mode social network data. *Methodological Innovations*. 9, 205979911663066 (2016).
- Baird, T.: Who speaks for the European border security industry? A network analysis. *European Security*. 26, 37–58 (2017).
- Muñoz-Rodríguez, M., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., García-Muñiz, J.G., Altamirano-Cárdenas, J.R.: *Redes de Innovación: Un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el Desarrollo Rural*. Fundación Produce de Michoacán/Universidad Autónoma Chapingo, Morelia, Michoacán (2004).
- Lewis-Beck, M.S., Bryman, A., Futing Liao, T.: Yule's Q, <http://methods.sagepub.com/reference/the-sage-encyclopedia-of-social-science-research-methods/n1097.xml>, (2004).

- Girvan, M., Newman, M.E.J.: Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 99, 7821–6 (2002).
- Borgatti, S.P., Everett, M.G., Johnson, J.C.: *Analyzing social networks*. SAGE Publications Ltd, Los Angeles, CAL (2013).
- Gu, Z., Gu, L., Eils, R., Schlesner, M., Brors, B.: Circlize implements and enhances circular visualization in R. *Bioinformatics*. 30, 2811–2812 (2014).
- Csardi, G. and T.N.: The igraph software package for complex network research. *InterJournal. Complex Sy*, (2006).
- Borgatti, S.P., Everett, M.G., Freeman, L.C.: *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*, (2002).
- Opara, U.N.: Agricultural Information Sources Used by Farmers in Imo State, Nigeria. *Information Development*. 24, 289–295 (2008).
- Klerkx, L., Aarts, N.: The interaction of multiple champions in orchestrating innovation networks: Conflicts and complementarities. *Technovation*. 33, 193–210 (2013).
- Corbeels, M., de Graaff, J., Ndah, T.H., Penot, E., Baudron, F., Naudin, K., Andrieu, N., Chirat, G., Schuler, J., Nyagumbo, I., Rusinamhodzi, L., Traore, K., Mzoba, H.D., Adolwa, I.S.: Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: A multi-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 187, 155–170 (2014).
- Speratti, A., Turmel, M.S., Calegari, A., Araujo-Junior, C.F., Violic, A., Wall, P., Govaerts, B.: Conservation agriculture in Latin America. In: Farooq, M. and Siddique, K.H.M. (eds.) *Conservation Agriculture*. pp. 391–415. Springer International Publishing Switzerland (2015).

- Dhar, A.R., Islam, M.M., Jannat, A., Ahmed, J.U.: Adoption prospects and implication problems of practicing conservation agriculture in Bangladesh: A socioeconomic diagnosis. *Soil and Tillage Research*. 176, 77–84 (2018).
- Lahmar, R.: Adoption of conservation agriculture in Europe. Lessons of the KASSA project. *Land Use Policy*. 27, 4–10 (2010).
- Cotler, H., Cuevas, M.L.: Adoption of soil conservation practices through knowledge governance: the Mexican experience. *Journal of Soil Science and Environmental Management*. 10, 1–11 (2019).
- Conley, T.G., Udry, C.R.: Learning about a New Technology: Pineapple in Ghana. *American Economic Review*. 100, 35–69 (2010).
- Abdulai, A., Huffman, W.E.: The Diffusion of New Agricultural Technologies: The Case of Crossbred-Cow Technology in Tanzania. *American Agricultural Economics Association*. 87, 645–659 (2005).
- Bordenave, J.D.: Communication of Agricultural Innovations in Latin America: The Need for New Models. *Communication Research*. 3, 135–154 (1976).
- Warriner, G.K., Moul, T.M.: Kinship and personal communication network influences on the adoption of agriculture conservation technology. *Journal of Rural Studies*. 8, 279–291 (1992).
- FAO: Disaster Risk Programme to strengthen resilience in the Dry Corridor in Central America, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/330164/>, (2015).
- Arcanjo, M.: Pioneering Agricultural Adaptation: Building Climate Resilience in Central America, (2018).

CAPÍTULO 4. EL ANÁLISIS DE LA RED GLOBAL DE COMERCIO DE MAÍZ

Juan Manuel Aguirre-López¹; Ignacio Caamal-Cauich¹; Julio Díaz-José^{2,3}; José María Salas-González¹; Elizabeth Roldán-Suárez^{1*}; Alexander Kandakov⁴; Bey Jamelyd López-Torres⁵

¹ Universidad Autónoma Chapingo

² Tecnológico Nacional de México- Campus Zongolica, Veracruz, México.

³ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

⁴ Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

⁵ Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.

*Corresponding author. *E-mail*: elizero7@hotmail.com

Resumen

El maíz es el cereal con mayor producción en el mundo. Tiene la característica de ser consumible en sus diferentes estados de maduración lo que hace que también sea uno de los granos que más se comercialicen. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue analizar la red de comercio mundial del maíz en dos momentos de análisis (2005 y 2016). Para tal efecto se utilizó el análisis de redes sociales para identificar los cambios en la estructura relacional del comercio mundial. Se encontró que ambas redes presentan una estructura saturada, con la diferencia de que en 2016 hay una mayor participación de países. El aumento de los países participantes, así como de los tratados comerciales, la cercanía geográfica entre países y el aumento en la población son factores que influyen la estructura de la red. Se concluye que el análisis de redes sociales puede ser una herramienta útil para el entendimiento del comercio mundial del maíz.

Palabras claves: *redes comerciales, maíz, estructura*

Abstract

Maize is the cereal with the highest production in the world. It has the characteristic of being consumable in its different stages of maturation, which also makes it one of the most commercialized grains. For this reason, the objective of this work is to analyze the world maize trade network in two moments of analysis (2005 and 2016). For this purpose, social network analysis was used to identify changes in the relational structure of world trade. It was found that both networks present a saturated structure with the difference that in 2016 there is a greater participation of countries. The increase in participating countries, as well as trade agreements, geographic proximity between countries and the increase in population are factors that influence the structure of the network. It is concluded that the analysis of social networks can be a tool that helps contribute to the understanding of world corn trade.

Keywords: *trade networks, maize, structure*

4.1 Introducción

Los cereales han sido una de las fuentes más importantes para la alimentación a nivel mundial. Los más importantes -arroz, trigo, maíz y soya– representan cerca del 58% del área cosechada en cultivos a nivel mundial, y 50% de la provisión de calorías a nivel mundial (Fischer, 2014; Nelson et al., 2010). El nivel de producción en cada uno de ellos, obedece tanto a las posibilidades que ofrece la producción agrícola, como a la demanda de la población el desarrollo tecnológico y la comercialización de éstos (Ramos, 2013).

El comercio mundial de los cereales se ha incrementado de forma significativa durante los últimos años, aún cuando países importadores y exportadores producen y consumen alimentos que son similares. Se espera que estos intercambios continúen a medida que crece la población mundial y aumente la demanda de calorías para la alimentación (Herzberger et al., 2019). Por ejemplo, a nivel mundial, el promedio de energía dietética disponible se ha incrementado de 2,190 a 2,830 kilocalorías per cápita por día (kcal/cap/día) durante el período 1961-2009, lo cual representa el 29%, y las calorías que provienen de consumo de carne también presentan un incremento de 48% (Keats & Wiggins, 2014); esta provisión de energía en la alimentación proviene principalmente de dietas basadas en productos de origen animal, cuya alimentación depende del cultivo de granos como maíz, soya y sorgo; es más, se espera que el trigo, maíz, arroz y soya provean el 85% del incremento en el consumo de cereales para el año 2050 con un mayor porcentaje en el caso del maíz y la soya (Fischer et al., 2014).

Los cereales no sólo son importantes para la alimentación humana y animal, particularmente, el maíz se utiliza como materia prima en la producción de almidón industrial, en la elaboración de edulcorantes, dextrinas, aceites (Grande & Orozco, 2013); los productos derivados de su proceso de fermentación, como el etanol para la producción de biocombustibles se ha incrementado en la última década, por ejemplo, en Estados Unidos cerca del 40% de la producción se ha usado para producir combustibles, lo que repercute en los precios del maíz destinado al consumo animal y humano (Ranum et al., 2014; Seixas et al., 2018).

El maíz es el cereal con mayor producción en el mundo. En 2017, se obtuvieron 1,134,746,667 toneladas del grano, por encima de las 771,718,579 toneladas que se produjeron de trigo y las 769,657,791 toneladas que se obtuvieron de arroz; dicha producción se desarrolló en 197,185,936 hectáreas generando un valor de 191,885.82 millones de dólares (FAOSTAT, 2019). El maíz en grano tiene la característica de que se puede consumir en sus diferentes estados de maduración, tierno o elote, previo a su maduración, o como grano maduro, adicionalmente se utilizan sus hojas, sus mazorcas y sus granos de cientos de maneras distintas; además, del maíz se obtienen productos industriales como aceites, cosméticos, medicinas, compuestos químicos y biocombustibles (Suárez, Chávez, & Mariscal, 2013). Lo anterior da como resultado que el maíz sea uno de los granos que más se comercializan en el mundo. Por lo cual es importante el estudio de este producto desde una perspectiva del comercio mundial, en la que los flujos de intercambio a nivel global explican las tendencias y el comportamiento tanto global como local en la producción y consumo.

El ARS es una herramienta que en los últimos años ha cobrado gran importancia, ya que tiene la característica de ser adaptable para explicar fenómenos sociales y estructurales en diversos campos de estudio (Franco-Bermúdez & Ruiz-Castañeda, 2019; Sanz, 2003). Específicamente, en el sector agrícola ha sido utilizada para analizar procesos de difusión de innovaciones (Díaz-José, Rendón-Medel et al., 2013; Aguilar-Gallegos et al., 2016; Gómez-Carretero et al., 2016; Valerio-Robles et al., 2016); para estudiar el capital social entre productores (Zarazúa et al., 2012; Teja-Gutiérrez et al., 2013; Flores-Trejo et al., 2016; Oble-Vergara et al., 2017;) y para evaluar intervenciones que tienen como objetivo principal la promoción de la innovación (López-Torres, et al., 2016; Aguilar-Gallegos et al., 2017; Roldán-Suárez et al., 2018).

Desde el punto de vista comercial, las redes de comercio internacional son manifestaciones de una combinación compleja de diversos factores subyacentes, tanto naturales como sociales (Shutters & Muneeppeerakul, 2012). Dichos factores pueden ser analizados a través del ARS, mismo que ya ha sido utilizado en

diversos trabajos (Garlaschelli & Loffredo, 2005; Duan, 2008; Suweis *et al.*, 2011; Shatters & Muneeppeerakul, 2012; Gao *et al.*, 2017;Newth *et al.*, 2018). Si bien estos estudios dan un panorama del potencial que tiene la herramienta en el tema, ninguno de ellos se enfoca en la estructura comercial del maíz. Por tanto, este trabajo se propone contribuir al análisis de la complejidad del comercio mundial del maíz; para ello, se utiliza información de los volúmenes de importación y exportación del grano en dos momentos de análisis (2005 y 2016). La hipótesis que se plantea es que los flujos de comercialización de maíz han cambiado principalmente por factores como los tratados comerciales firmados entre países, el incremento de la demanda por el aumento en la población y la cercanía entre países, lo cual ha dado pie a obtener diferentes estructuras en las redes comerciales.

4.1.1 Contexto internacional de la comercialización del maíz

El mayor productor de maíz es Estados Unidos de América (EE UU) con una producción en 2017 que alcanzó los 370.96 millones de toneladas en una superficie de 33 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 11 t/ha (FAOSTAT, 2019). En contraste, México, centro de origen del grano (Kato, 1984), para este mismo año, ocupó el quinto lugar en superficie con 7.38 millones de hectáreas y una producción de 27.76 millones de toneladas con un rendimiento promedio de 3.78 t/ha (FAOSTAT, 2019). Esto significa apenas un tercio del rendimiento que obtiene Estados Unidos. Cabe resaltar, que los países que destinan una mayor superficie para el cultivo son China, Brasil e India, lo cual resulta lógico por las grandes extensiones de tierra con las que cuentan dichas naciones; a partir de datos de FAOSTAT (2019). En 2017, Estados Unidos de América tuvo un consumo per cápita aparente de 984 Kg, seguido de Argentina con 582 Kg y Rumania con 560 Kg. Mientras que México ocupó el noveno lugar con un consumo de 321 Kg por persona.

La Figura 4-1 muestra los principales países productores de maíz en el mundo en 2017, y con ello, sus importaciones y exportaciones. En ella se observa que, México a pesar de ser centro de origen del grano y uno de los principales productores, también es uno de los países importadores más importantes, lo cual pone en riesgo la soberanía alimentaria pues éste, es uno de los cultivos estratégicos para la alimentación por su importancia cultural, económica y social (CONABIO, 2016).

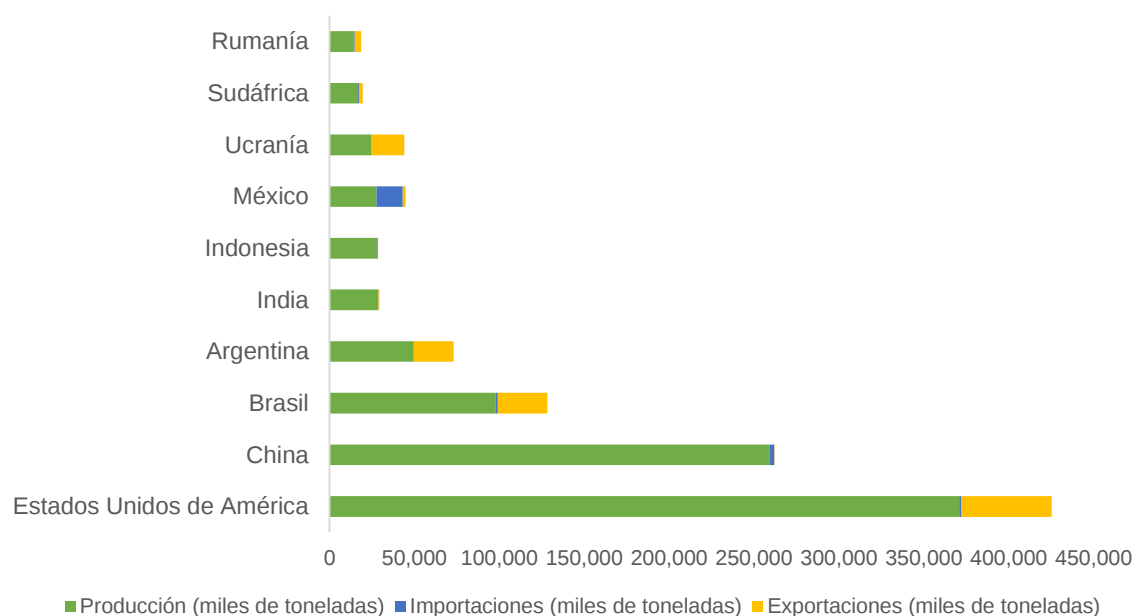


Figura 4-1. Principales productores, exportadores e importadores de maíz en 2017.

Fuente: elaboración propia con base a FAOSTAT (2019).

Por otra parte, uno de los grandes factores que determinan la oferta y demanda del grano es el precio. En este sentido, la Figura 4-2 muestra los precios internacionales históricos del maíz. En ella se observa que durante 2007-2008 y 2012-2013, los precios del grano aumentaron, esto debido al incremento de los combustibles. Sin embargo, a partir del siguiente año, es decir en el 2014, los precios han tenido una tendencia a la baja. Esto, entre otras cosas se debe al aumento en la producción, ya que durante el período 2013-2017, la producción aumentó en un 12%.

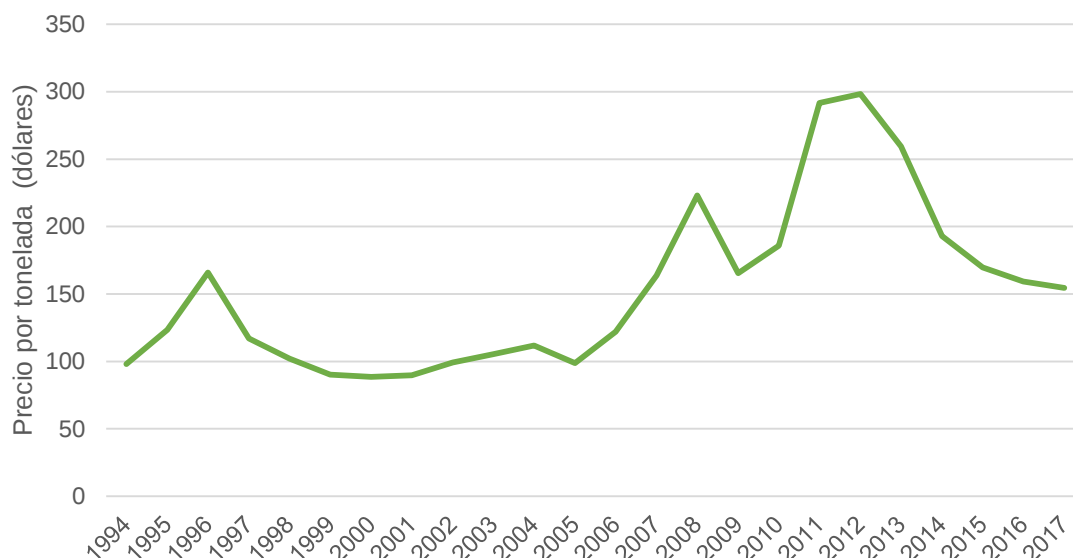


Figura 4-2. Precios históricos internacionales de maíz 1994-2017

Fuente: elaboración propia con base a IndexMundi (2019), disponible en: <https://www.indexmundi.com>

4.2 Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo entre los principales países exportadores e importadores. Para analizar los cambios en el tiempo en el comercio mundial de maíz se utilizaron bases de datos en dos momentos de observación: 2005 y 2016. Los datos se extrajeron de la página de FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/>) compilados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Con la información obtenida de la producción, exportación e importación entre países tanto para 2005 como para 2016 se construyó una red comercial utilizando la metodología de ARS. La red comercial fue sistematizada en forma de matriz, que es un formato inicial para capturar datos de red, su uso es recomendable cuando los datos no son abundantes (Velázquez & Aguilar, 2005), como es el caso de este trabajo. La red sistematizada es de modo uno, lo que significa que en la matriz existe el mismo número de filas como de columnas, las etiquetas en ambos casos corresponden a cada uno de los nombres de países que se analizaron.

Para el análisis de la red se utilizaron dos tipos de matrices. La primera denominada matriz ponderada, la cual se utilizó para la obtención de los gráficos de las redes para cada momento de análisis. En ella el valor que se colocó para el establecimiento de una relación entre los países fue el volumen de exportación o de importación, según se desee ver; aunado a esto, se agregó a la red el atributo tipo de continente al que pertenece cada país; la segunda se denominó matriz binaria y se utilizó para el cálculo de indicadores, la cual se generó a partir de la primera matriz. En ella, se reemplazaron los valores de los volúmenes de exportación o importación por el valor de 1 o 0. El primer valor indica la existencia de una relación.

Para la construcción de las matrices se utilizó Microsoft® Excel versión 16.211. Para la elaboración del gráfico se utilizó la aplicación de NetDraw, de Ucinet para Windows versión 6. 626 (Borgatti *et al.*, 2002), en él se muestran los países como nodos de la red y la relación se ve reflejada por el volumen exportado o importado entre países con el grosor de la flecha. Además, los países se presentan con un color diferente de acuerdo con el continente al que pertenecen. Los indicadores se calcularon en este mismo software y fueron utilizados los que se muestran en el Cuadro 4-1.

Cuadro 4-1 Indicadores del ARS usados y su interpretación básica en el contexto de la investigación.

Indicador	Definición
Tamaño de la red (Actores en la red)	Refiere al número total de actores presentes en la red (en este caso refiere al número de países).
Número de vínculos	Relaciones establecidas entre los actores de la red (en este caso son las relaciones comerciales establecidas entre los países).
Grado promedio	Refiere a las relaciones promedio que se establecen en la red. Para este caso refiere a las relaciones comerciales promedio que establece un país, no se diferencia si son de exportación o importación.
Densidad	Refiere a la proporción de todas las relaciones existentes respecto a las posibles relaciones en una red (Wasserman & Faust, 1994). Para este caso refiere a la proporción de relaciones comerciales existentes con respecto a todas las relaciones comerciales posibles. Considera tanto relaciones de exportación como de importación.
Diámetro	Refiere a la longitud máxima del camino geodésico entre dos actores. Para este caso refiere a la longitud máxima del camino geodésico entre dos países.
Fragmentación de la red	Refiere a la vulnerabilidad de la red. Se calcula considerando la suma de las distancias recíprocas, de tal forma que los nodos que tienen una distancia infinita (porque no se pueden alcanzar por ninguna vía), tienen una medida recíproca de cero. El indicador basado en maximizar las distancias recíprocas adquiere valores de 0 a 1. El máximo valor de fragmentación se obtiene en redes formadas por nodos aislados (Borgatti, 2006).
Centralización de la red	Mide el grado en el cual los vínculos existentes en la red están concentrados en uno o pocos actores. En redes dirigidas se considera la centralización de entrada y la de salida. Para este caso, la centralización de entrada refiere a los países que concentran las relaciones de importación y la centralización de salida refiere a los países que concentran las relaciones de exportación.
Centralidad de cercanía	Mide la distancia geodésica entre los actores de la red, donde valores de cercanía mayores indican distancias y tiempos más cortos, así como menores costos en la comunicación (Freeman, 1978). Para este caso, mide que tan cercanos son los países para el establecimiento de sus relaciones comerciales.

Fuente: Interpretación propia con base a los autores citados.

4.3 Resultados y discusión

Una referencia de la evolución del comercio global con base en los dos momentos de análisis es el volumen total de intercambio global de maíz, que para el año 2005, fue de 47.16 millones de toneladas. En cambio, para el año 2016 creció a 114.5 millones de toneladas, un incremento del 142.7%, lo que representa 67.34 millones de toneladas. Así, el Cuadro 4-2 concentran algunas variables descriptivas para cada momento de análisis.

Cuadro 4-2. Estadísticos descriptivos para ambos momentos de análisis.

Año de análisis	N	Mínimo	Máximo*	Media*	Desviación estándar*
2005	35	0	16.65	1.9	3.2
2016	40	0.76	15.33	2.8	3.5

Fuente: elaboración propia con base a FAOSTAT (2019).

Nota: N es el número de países analizados para cada periodo.

* Volumen comercializado de maíz de los países estudiados en millones de toneladas.

Una propiedad de la estructura completa de las redes que son investigadas es la distribución del grado en los nodos de la red⁶. El primer punto de análisis consistió en explorar la distribución de los grados o nuevas relaciones en la red de comercio, lo cual ofrece un primer acercamiento de cómo la matriz de comercio se ha ido expandiendo en los últimos años. Esta distribución asimétrica de los grados en la red para los distintos periodos tiene importantes consecuencias para los procesos que toman lugar en las redes comerciales. En el año 2005 es claro que existía un menor número de relaciones comerciales entre los principales exportadores e importadores de maíz en el mundo, pues 62% de los países analizados establecieron relaciones comerciales en promedio con 5 a 20 países; por otro lado, en el año 2016, la configuración comercial cambió radicalmente,

⁶ Hay que recordar que los grados de un nodo es el número de vecinos que tiene ese nodo. En este caso, el grado de un país es el número de países con los cuales éste tiene intercambios comerciales en la producción de maíz, ya sea importaciones o exportaciones.

pues el 45% de los países establecieron intercambios comerciales con más de 30 y hasta 60 países (Figura 4-3).

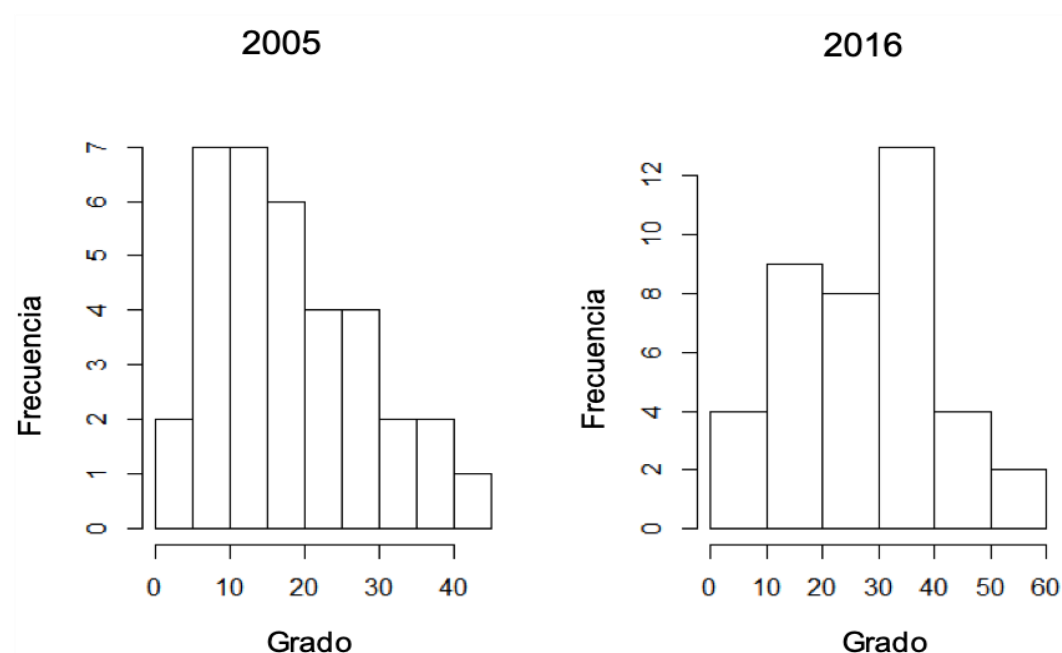


Figura 4-3. Histograma que representa los grados promedio de los nodos (países) en los momentos de análisis

Nota: En el eje de las “y” se muestra el número de países en la red, mientras que en el eje de las “x” el grado o el número promedio de relaciones comerciales que establece cada país resultado de la suma del número de exportaciones e importaciones.

Fuente: elaboración propia con información de FAOSTAT (2019).

Tomando en cuenta que la curtosis mide la simetría de la distribución⁷, al analizar visualmente la curtosis del histograma en ambos periodos comerciales se visualiza una tendencia que pasa de un sesgo en la distribución hacia la derecha en el año 2005, hacia una tendencia que lleva un sesgo a la izquierda en el año

⁷ Una distribución es simétrica si los valores están igualmente distribuidos, y tiene sesgo a la derecha si contiene muchos valores bajos y un número relativamente bajo de valores altos; por otro lado, tiene un sesgo a la izquierda si tiene muchos valores altos y relativamente menos valores bajos.

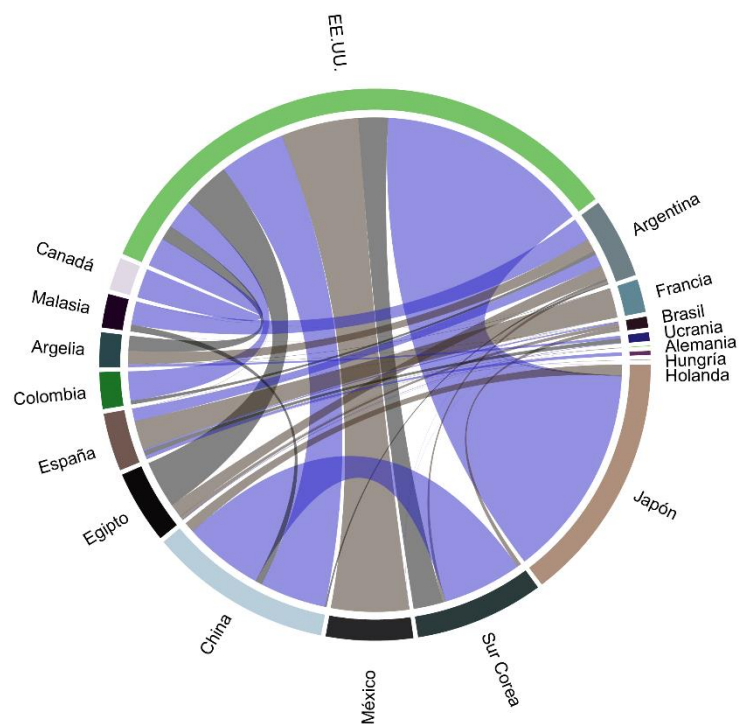
2016. Esto último indica que un menor número de países concentra un mayor número de relaciones comerciales de maíz y, por tanto, se ha incrementado la dependencia alimentaria global hacia estos países.

En la Figura 4-4 se presenta a los principales países importadores y exportadores de maíz para los momentos de análisis (2005 y 2016). En ella se observa que para 2005, los países asiáticos fueron las naciones con mayor volumen de importación del grano. En contraste para 2016, México se posiciona como uno de los países con mayor dependencia en las importaciones, situación que permanece hasta el presente año (FAOSTAT, 2019). De acuerdo con SICE (2019) México es uno de los países en el mundo que cuenta con un gran número de acuerdos comerciales (19 en total), lo que le permite importar/exportar el grano con cierta facilidad. No obstante, se debe mencionar que esta dependencia refiere principalmente al consumo de maíz amarillo, mismo que es utilizado para la obtención de jarabes y el consumo animal (SAGARPA, 2017).

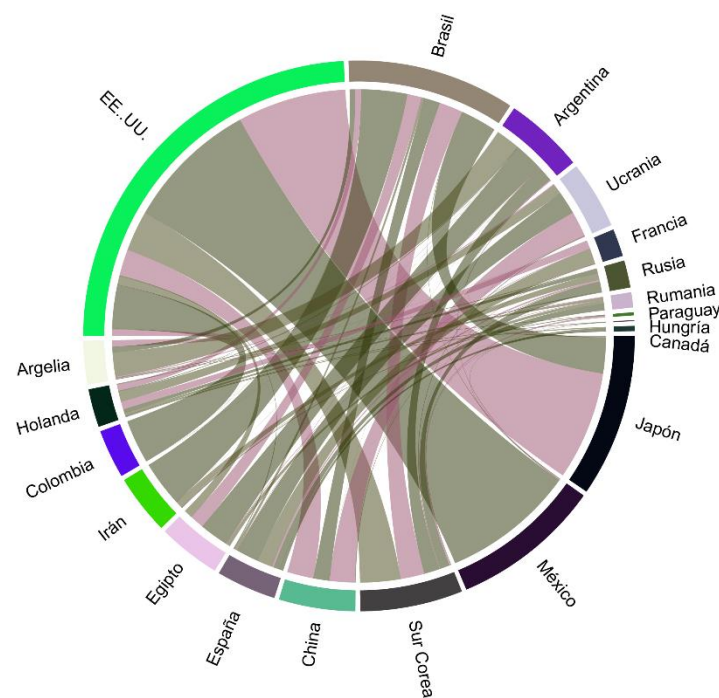
Uno de los principales productores de maíz amarillo, es EE. UU.; su importancia no ha cambiado en los momentos analizados (Figura 4-4). La alta influencia de EE. UU. en la oferta de maíz configura la red global de comercio para este grano. Sin embargo, los rendimientos conjugados con la segunda mayor superficie cultivada de maíz, con cerca de 35 millones de hectáreas, ligeramente debajo de China, explican en gran medida la importancia que tiene en la exportación de maíz. A nivel promedio de finca, los costos por acre para maíz en Argentina y Brasil fueron entre 11 y 28% menores en comparación con EE. UU., debido principalmente a mayores costos de tierra y capital, mientras que los EE. UU. tuvieron mayores rendimientos por acre, lo cual permitió contrarrestar los altos costos mencionados (Meade *et al.*, 2016).

Lo anterior, entre otras cosas, se debe a la gran capacidad tecnológica con la que cuentan sus agricultores, así como las grandes extensiones de tierra con las que trabajan. De acuerdo con Jiménez-Carrasco (2019), en los últimos 60 años, EE.UU. ha reportado una tasa de crecimiento de 116 kg de maíz/ha/año, en contraste, en México se reporta una tasa de crecimiento de 50 kg de maíz /ha/año.

Por otro lado, algunos de los países europeos, como Ucrania, se caracterizan por ser países exportadores del grano (Figura 4-4). Dicha característica, se debe a, entre otras cosas, a que en estos países se han sembrado maíces modificados genéticamente y una tendencia creciente en el uso de innovaciones tecnológicas en la agricultura de precisión, lo que supone importantes beneficios en la producción y en la rentabilidad de las explotaciones (Brookes, 2008). Las regiones donde se produce el grano se caracterizan por usar sistemas de producción mixtos, mixto con horticultura o cereales-vegetales a gran escala (Dixon, Gulliver, & Gibbon, 2001). En 2017, de acuerdo con FAOSTAT (2019), se obtuvo un rendimiento promedio de 6.2 t/ha. Sin embargo, países como Rumania, Francia, España, Italia y Alemania obtuvieron una producción de entre 17-25%, por debajo del promedio de producción de los últimos cinco años, no obstante, la producción de la unión europea en general se vio favorecida por la excelente cosecha que se obtuvo en Hungría y Polonia (European Commision, 2017).



2005



2016

Figura 4-4. Diagrama de cuerdas del intercambio comercial entre los principales países importadores y exportadores de maíz en los años 2005 y 2016

Nota: El tamaño del vínculo entre países indica la magnitud del intercambio comercial de grano de maíz entre ambos. Durante el periodo 2005-2016, México pasó a ser el principal importador de maíz de Estados Unidos, ocupando el lugar que tenía Japón.

Fuente: elaboración propia con información de FAOSTAT (2019).

En Figura 4-5 se presentan las estructuras relacionales del comercio internacional del maíz en 2005. En ella se observa una red de estructura saturada (Rendón Medel *et al.*, 2007), con la participación de 35 países, de los cuales el 34% pertenecen al continente americano. Colombia se destaca como uno de los países con mayor volumen de importación proveniente del mismo continente, debido en cierta medida a su ubicación geográfica. También, se observa que los países africanos son países netamente importadores del grano, el cual proviene ya sea de los países europeos o asiáticos. Por lo que la distancia entre países se infiere es un factor importante en la comercialización del producto. Cabe resaltar, que sólo un país del continente de Oceanía tuvo participación en este año de análisis, dicho país fue Australia, el cual se destaca por jugar ambos roles, es decir importa y exporta el grano.

La Figura 4-6 presenta la estructura relacional del comercio internacional del maíz en 2016 la cual también presenta una estructura saturada. En dicho año se integraron los países como Italia, Austria, Reino Unido, Bélgica y Nueva Zelanda, lo que dio como resultado la concurrencia de 40 países en total. La integración de estos países originó que el continente europeo tuviera una participación del 38.0%, seguido por el continente americano con el 30.0 %, los cuales se ubican en el centro de la red en contraste del 5.0 % de Oceanía, cuyos países se ubicaron en la periferia. Por otra parte, se observa que los países africanos siguen siendo países importadores del grano; y los países asiáticos, a excepción de China, comparten esta misma situación.

Cabe destacar que, en el año 2005, México importaba maíz principalmente de Estados Unidos y en menor medida Argentina y de Brasil. Para 2016, el país sobresale, junto con Japón como uno de los principales países importadores del grano proveniente principalmente de Estados Unidos. En el caso de México, esto se debe al incremento en la población y por ser países geográficamente cercanos, lo que indica una gran dependencia entre naciones. Además, se debe mencionar qué, aunque la relación de comercio de maíz entre estos dos países ha crecido, ésta ha cambiado significativamente desde la implementación del

TLCAN en 1994, conservando muchas de sus características previas a la liberalización de su comercio. La mayoría de las exportaciones de maíz de Estados Unidos a México refieren a maíz amarillo, el cual se utiliza principalmente como ingrediente en la alimentación animal. De 1998 a 2002, Estados Unidos también exportó a México cantidades sustanciales de maíz blanco, el cual se utiliza para hacer tortillas, pero, desde entonces, estas exportaciones han disminuido, posiblemente debido al apoyo que el gobierno mexicano ha dado para la producción de maíz blanco en el país. Si bien es cierto que el número de productores agrícolas en México disminuyó sustancialmente durante la década de 1990, el sector del maíz todavía cuenta con una gran cantidad de pequeños productores con características de bajos niveles de producción, bajos niveles tecnológicos y escaso acceso al mercado, cuyos esfuerzos se complementan con subsidios del gobierno. El acceso más amplio al maíz amarillo proveniente de Estados Unidos, está fomentando la expansión de la producción de cerdos y aves de corral en el país, mientras que el papel de las grandes empresas de harina está aumentando en la producción de tortillas, tanto en México como en Estados Unidos (Zahniser & Coyle, 2004).

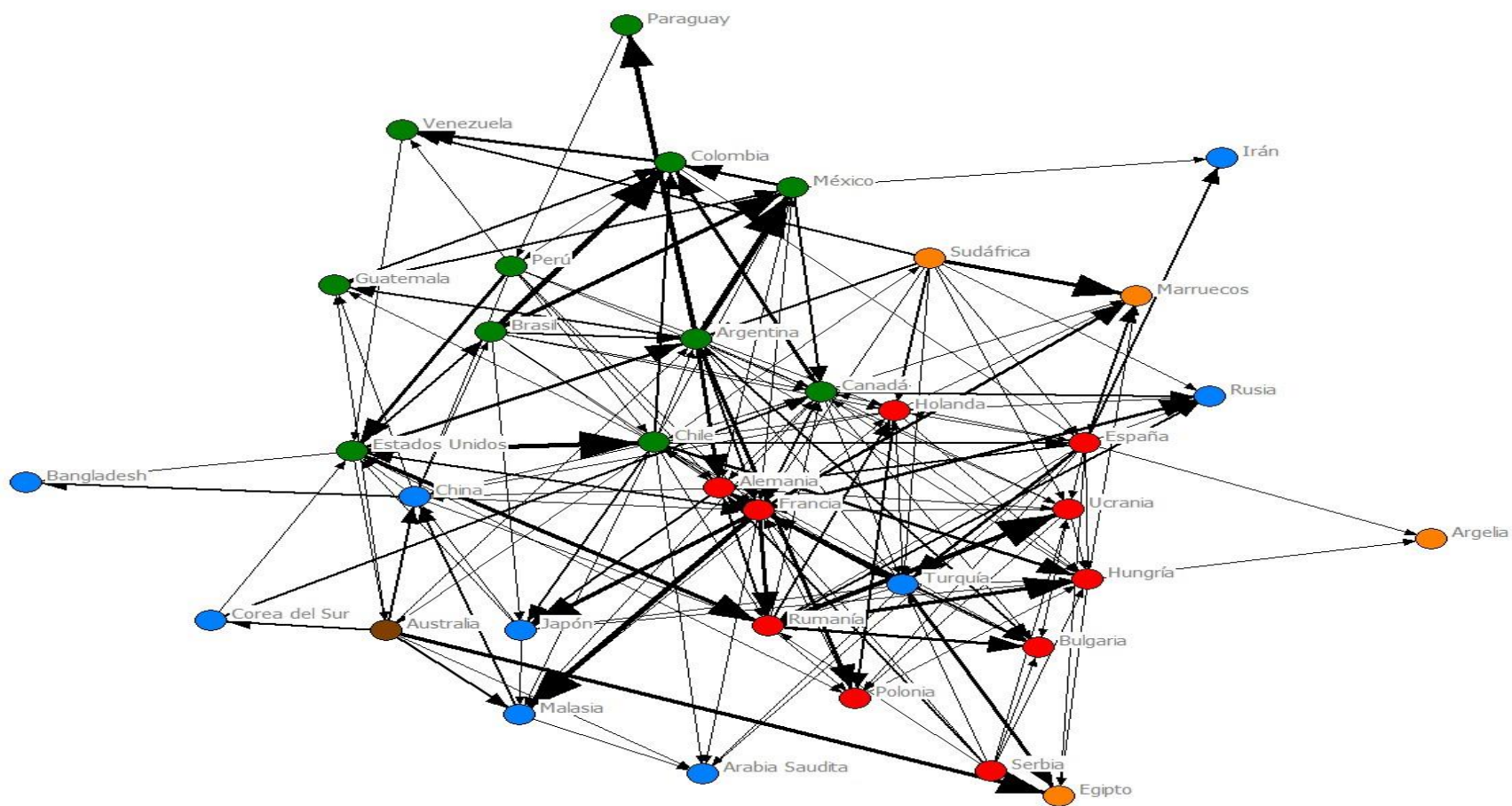


Figura 4-5. Redes de comercio internacional de maíz 2005

Fuente elaboración propia con información de FAOSTAT (2019).

Nota: El grosor de la flecha está en proporción al volumen de intercambio comercial y, su dirección indica el sentido de la exportación e importación. A mayor grosor, mayor interacción comercial. El color de cada nodo está en función del continente al que pertenecen.

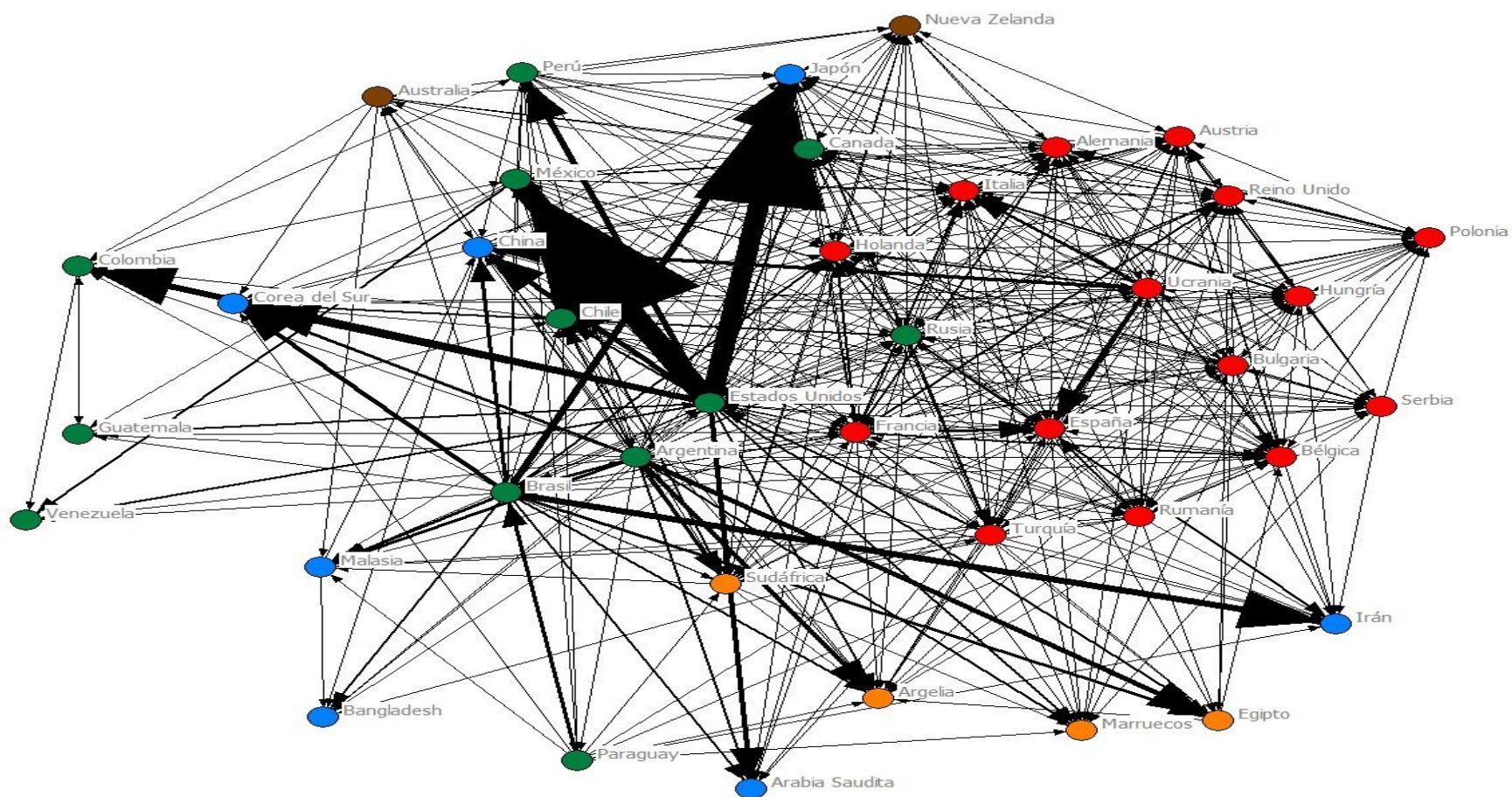


Figura 4-6. Redes de comercio internacional de maíz 2016

Fuente elaboración propia con información de FAOSTAT (2019).

Nota: El grosor de la flecha está en proporción al volumen de intercambio comercial y, su dirección indica el sentido de la exportación e importación. A mayor grosor, mayor interacción comercial. El color de cada nodo está en función del continente al que pertenecen.

Derivado de las Figuras 4-5 y 4-6, el Cuadro 4-3 presenta los valores de los indicadores de redes calculados para los momentos de análisis. Las medidas de centralidad de las redes comerciales en los años de observación mostraron cambios positivos en su mayoría. El grado que mide los vínculos comerciales directos de cada país incrementó en un 49.0%, por lo que los países aumentaron su cartera de clientes o compradores del grano para el 2016. De esta manera, el número de relaciones existentes en la red de comercio también se observó favorecida, la densidad de la red incrementó en casi 9 puntos porcentuales entre momentos de análisis. En redes locales de comercialización de maíz, la densidad encontrada es baja, los valores oscilan entre el 0 y 2% (Aguirre-López, 2015; Ramírez-Vásquez, 2019).

Para el 2016, se integraron nuevos países a la red del comercio mundial del maíz, lo que habla de la apertura comercial y el desarrollo de políticas de comercio exterior de los nuevos países, lo cual generó cambios en la centralización de la red; la centralización de entrada aumentó en un 10.0%, lo que significa que disminuyó el número de países que concentran las importaciones del grano, en contraste, el valor de la centralización de salida disminuyó en un 8.0%, lo que indica que aumentó el número de países que concentran las exportaciones. Además, también disminuyó la fragmentación inicial de la red, lo que es un resultado favorable del comercio internacional. Gráficamente representa algo positivo, ya que, para alcanzar el máximo de fragmentación de la red, es decir, un valor de 1 se necesitaría remover a 29 de los 40 países presentes en la red de 2016, lo cual sería prácticamente imposible debido a las tendencias de incremento de relaciones comerciales. Sin embargo, se debe destacar la dominancia de algunos países tanto para 2005 como en 2016, como es el caso de Estados Unidos, ya que éste es un país clave en la estructura de la red y, su remoción podría desarticular la red.

Otro cambio importante fue el encontrado en el valor de la centralidad de cercanía, lo cual supone menores distancias entre los países que participan en la comercialización del maíz (Freeman, 1978) . En 2005, los países más cercanos en la red fueron Argentina, EE. UU. y Francia; para 2016 lo fueron EE. UU., Argentina y Francia, es decir sólo hubo cambios de lugar. Esta cercanía muestra que las alianzas comerciales de estos países han generado un ambiente de confianza y continuidad en las relaciones comerciales. Nuevamente, se observa la importancia de Estados Unidos en la red comercial.

Cuadro 4-3. Indicadores de redes de acuerdo con el momento de análisis.

Indicador	2005	2016	Cambio
Actores en la red (n), tamaño de la red	35	40	5
Número de vínculos	324	557	233
Grado promedio	9.3	13.9	4.6
Densidad (%)	27.2	35.7	8.5
Diámetro	4	4	0
Fragmentación inicial de la red	0.47	0.41	-0.06
Centralización de la red, de entrada (%)	26.5	29.1	2.6
Centralización de la red, de salida (%)	65.8	60.7	-5.1
Centralidad de Cercanía (%)	57.7	58.7	1

Fuente: elaboración propia.

4.4 Conclusiones

Las redes del comercio global del maíz de los años analizados tuvieron cambios en sus estructuras relacionales. En 2005 existían 35 países participantes en la red sin la presencia de grandes actores dominantes. En contraste, para 2016 incrementaron los países a 40 participantes del mercado y resalta la dominancia de EE. UU.; lo anterior derivó, en su mayoría, en incrementos positivos en los indicadores de redes utilizados. Por ejemplo, el incremento de la densidad, lo que indica mayores relaciones comerciales dentro de la red y una disminución en la vulnerabilidad de ésta. Sin embargo, es notorio el dominio de EE. UU. como país exportador del grano tanto para 2005 como para 2016, lo cual genera dependencia comercial de muchos países, como es el caso de México.

Para ambos años se observó que las relaciones comerciales se ven influenciadas por las distancias geográficas entre países. Por ejemplo, en 2005 Colombia destacó como país importador del grano proveniente principalmente de países latinoamericanos. Por su parte, tanto para 2005, como 2016, los países africanos se caracterizan por consumir las producciones provenientes de los países europeos. Cabe mencionar, que los países del continente de Oceanía destacaron como países importadores del grano.

La tendencia del comercio internacional del maíz es a incrementar el número de relaciones comerciales con diversos países, así como a incrementar el volumen comercializado. Los países toman decisiones de compra y venta de acuerdo con las políticas de comercio, la cantidad disponible y los precios del mercado en cada región. Para México es necesario orientar esfuerzos al fortalecimiento de su política de comercio exterior para evitar la vulnerabilidad comercial de maíz amarillo, y focalizar políticas de desarrollo tecnológico que le permitan mejorar la productividad del maíz blanco.

El análisis de redes sociales hizo visibles los cambios en las estructuras relaciones comerciales, las cuales se ven afectadas por la cercanía geográfica entre países como lo establece la teoría gravitacional del comercio, las políticas de comercio y los precios internacionales. Por lo tanto, este tipo de análisis puede contribuir al entendimiento del comercio mundial del maíz y de otros productos. Para futuros estudios se sugiere incluir otros momentos de análisis para detallar los cambios en las estructuras comerciales.

4.5 Literatura citada

- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., & García-Sánchez, E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Aguilar-Gallegos, N., Olvera-Martínez, J. A., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Muñoz-Rodríguez, M., & Santoyo-Cortés, H. (2017). La intervención en red para catalizar la innovación agrícola. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 28(1), [En prensa]. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.653>
- Aguirre López, J. M. (2015). *Innovación estratégica para la producción y comercialización de Maíz en Chiapas*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.
- Borgatti, S. P. (2006). Identifying sets of key players in a social network. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 12(1), 21–34. <https://doi.org/10.1007/s10588-006-7084-x>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis. *Analytic Technologies*. Retrieved from citeulike-article-id:6031268
- Brookes, G. (2008). El impacto del uso del maíz MG resistente a insectos en Europa desde 1998. *Int. J. Biotechnology*, 10, 148–166.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2016). Razas de maíz en México. Completar
- Díaz-José, J., Rendón-Medel, R., Muñoz-Rodríguez, M., & Aguilar-Ávila, J. (2013). Análisis dinámico de redes en la difusión de innovaciones agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(7), 1095–1102.

- Dixon, J., Gulliver, A., & Gibbon, D. (2001). *Europa Orienta y Asia Central*. In M. Hall (Ed.), *Sistema de producción y pobreza*. Cómo mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante. (p. 30). Roma, Italia: FAO, Banco Mundial.
- Duan, W.-Q. (2008). Estimating trade flow based on network topology. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 387(2–3), 519–527. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2007.09.018>
- European Commision. (2017). *Short-term Outlook for EU agricultural markets in 2017 and 2018*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/short-term-outlook-spring-2019_en.pdf
- FAOSTAT. (2019). Database-Crops. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fischer, T., Byerlee, D., Edmeades, G., & Byerlee, D. (2014). Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world? *American Journal of Agricultural Economics*, 97(2), 659–661. <https://doi.org/10.1093/ajae/aau100>
- Flores-Trejo, A., Almaguer-Vargas, G., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & Márquez-Berber, S. R. (2016). Redes sociales y confianza entre productores de rambután en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 3009–3021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.423>
- Franco-Bermúdez, J. F., & Ruiz-Castañeda, W. L. (2019). Análisis de redes sociales para un sistema de innovación generado a partir de un modelo de simulación basado en agentes. *TecnoLógicas*, 22(44), 21–44. <https://doi.org/10.22430/22565337.1183>

- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Gao, C., Su, B., Sun, M., & Zhang, Z. (2017). Tracking Multilayer Energy Flows Embodied in China's Interregional Trade: An Input-Output Network Analysis. *Energy Procedia*, 143, 367–374. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.698>
- Garlaschelli, D., & Loffredo, M. I. (2005). Structure and evolution of the world trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 355(1), 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.02.075>
- Gómez-Carretero, T., Zarazúa-Escobar, J. A., Ramírez-Valverde, B., Guillén-Cuevas, L. A., & Rendón-Medel, R. (2016). Masa crítica y ambiente de innovación en el sistema productivo jitomate, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 2949–2964.
- Grande, T. C. D., & Orozco, C. B. S. (2013). Producción y procesamiento del maíz. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 11(1), 97–110.
- Herzberger, A., Chung, M. G., Kapsar, K., Frank, K. A., & Liu, J. (2019). Telecoupled food trade affects pericoupled trade and intracoupled production. *Sustainability*, 11(2908), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su11102908>
- IndexMundi. (2019). Estadísticas de Maíz. <https://doi.org/10.1787/9789264070042-en>
- Jiménez-Carrasco, J. S. (2019). *Gestión de la innovación en productores de maíz*. Tesis de Doctorado en Proceso. Universidad Autónoma Chapingo.
- Kato, Y. T. A. (1984). Chromosome Morphology and the Origin of Maize and Its Races. *Evolutionary Biology*, 17, 219–253. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6974-9_5

- Keats, S., & Wiggins, S. (2014). Future diets: Implications for agriculture and food prices. Odi. <https://doi.org/Retrieved from www.odi.org.uk>
- López-Torres, B. J., Rendón-Medel, R., Espinosa-Solares, T., Díaz-Santana, P. T., & Santellano-Estrada, E. (2016). Medición de cobertura oculta en servicios de asistencia técnica y capacitación en el medio rural. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 3089–3102.
- Meade, B., Puricelli, E., McBride, W., Valdes, C., Hoffman, L., Foreman, L., & Dohlman, E. (2016). Corn and Soybean Production Costs and Export Competitiveness in Argentina, Brazil, and the United States What Is the Issue? What Did the Study Find? USDA, United State Department of Agriculture. Retrieved from https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/44087/59671_eib-154_summary.pdf?v=42559
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R., ... Liangzhi, Y. (2010). Food security, farming, and Climate Change to 2050. Scenarios, results, policy options. Washington DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.291-294.2425>
- Newth, D., Finnigan, J. J., & Cai, Y. (2018). Economic shifts in agricultural production and trade due to climate change. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0164-y> Completar
- Oble-Vergara, E., Almaguer-Vargas, G., González-Aguirre, R. L., & Ocampo-Ledesma, J. G. (2017). Influencia del capital social en los procesos de innovación agrícola. *Textual*, (70), 9–25. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.70.002>
- Ramírez-Vásquez, J. D. (2019). *Capacidad comercial y factores de competitividad en la red de productores de maíz (Zea mays) de Valles*

Centrales, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo.

Ramos, G. F. (2013). *Maíz, trigo y arroz. Los cereales que alimentan al mundo* (Primer edi). Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://doi.org/10.11113/jt.v56.60>

Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & García-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>

Rendón Medel, R., Aguilar Ávila, J., Altamirano Cárdenas, J. R., Muñoz Rodríguez, M., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., ... Muñoz-Rodríguez, M. (2007). *Etapas del mapeo de redes territoriales de innovación* (Primera Ed). México: Universidad Autónoma Chapingo.

Roldán-Suárez, E., Rendón-Medel, R., Camacho-Villa, T. C., & Aguilar-Ávila, J. (2018). Gestión de la interacción en procesos de innovación rural. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 1–17.

SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). *Planeación agrícola nacional 2017-2030*.

Sanz, M. L. (2003). Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 7, 21–29. <https://doi.org/10.1007/s10588-006-7084-x>

Seixas, S. C., Anderson, C. B., Fennesy, S., & Herrera-F, B. (2018). *Nature's contributions to people and quality of life*. In J. Rice, C. S. Seixas, M. E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitán, & N. Valderrama (Eds.), *The regional assessment report on Biodiversity and Ecosystem Services for The Americas* (pp. 55–142). Bonn, Germany: IPBES. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-419964-4.00007-x>

- Shutters, S. S. T., & Muneeppeerakul, R. (2012). Agricultural trade networks and patterns of economic development. *PloS One*, 7(7), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039756>
- SICE, Sistema de Información de Comercio Exterior. (2019). *Acuerdos comerciales*. Retrieved from http://sice.oas.org/ctyindex/MEX/MEXAgreements_s.asp
- Suárez, R. F., Chávez, L. A. M., & Mariscal, A. G. (2013). Importancia de los Maíces Nativos de México en la Dieta Nacional. Una Revisión Indispensable. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 36(SUPPL.3), 275–283.
- Suweis, S., Konar, M., Dalin, C., Hanasaki, N., Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. (2011). Structure and controls of the global virtual water trade network. *Geophysical Research Letters*, 38(10), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2011GL046837>
- Teja-Gutiérrez, R., Almaguer-Vargas, G., Rendón-Medel, R., & López-Lira, N. (2013). Redes y análisis organizacional: roles, posiciones y poder de fragmentación de las relaciones sociales y comerciales. *Revista Global de Negocios*, 8(2), 1208–1219. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1518914617?accountid=14777>
- Valerio-Robles, M., Rendón-Medel, R., Toledo, J. U., & Díaz-José, J. (2016). Adoption of conservation agriculture practices in Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 3103–3113. En español
- Velázquez, Á. O. A., & Aguilar, G. N. (2005). *Manual introductorio al análisis de redes sociales. Medidas de centralidad*. Completar
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis. Methods and Applications*. (M. S. Granovetter, Ed.) (Cambridge). Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Zahniser, S., & Coyle, W. (2004). U.S.-Mexico Corn Trade During the NAFTA Era: New Twists to an Old Story. Electronic Outlook Report from the Economic Research Service, 1–20. Retrieved from https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/36451/49338_fds04d01.pdf?v=42075

Zarazúa-Escobar, J. A., Almaguer-Vargas, G., & Rendón-Medel, R. (2012). Capital social. Caso red de innovación de maíz en Zamora, Michoacán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 9(68), 105–124.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES

5.1 Principales hallazgos

Este trabajo de investigación realizó un análisis del conocimiento y aplicación del ARS en la agricultura bajo tres ejes: el primero fue estudiar las aplicaciones, utilidad y limitantes que tiene el ARS para analizar al sector agrícola, en específico la producción de maíz; el segundo, consistió en estudiar la importancia de los vínculos sociales para la transferencia, adopción y adaptación de conocimiento técnico y empírico entre los actores involucrados en la producción de maíz; y tercero, se aplicó el ARS al estudio del intercambio comercial como herramienta para la identificación de patrones en el comercio global de granos básicos y cómo las políticas de carácter nacional y estrategias internacionales se combinan para configurar las redes de comercio local e internacional. En este apartado, se presentan las principales conclusiones de esta investigación, respondiendo a las preguntas planteadas al inicio del documento:

¿Cómo se ha aplicado el ARS al estudio de la agricultura?

En relación con la primera pregunta de investigación, en este trabajo se identificó cuáles han sido las aplicaciones del ARS en dos campos de la agricultura: en la adopción de innovaciones y, sobre la comercialización global del maíz. Al respecto, el uso del ARS ha sido ampliamente utilizado para analizar el proceso de innovación entre productores, particularmente se ha estudiado cómo la estructura social en la que éstos interactúan (red) es una determinante para la adopción, adaptación o difusión de una innovación dada.

Bajo este enfoque, el sistema de producción del maíz ha sido uno de los más analizados en México, dada la importancia que representa el cultivo para el país. Sin embargo, es importante señalar que los estudios de comercialización a partir del uso del ARS son escasos. En su mayoría, han estado orientados a describir la estructura de la red, usando el análisis de redes compuesto por vínculos sociales, técnicos y comerciales, y las redes personales bajo un enfoque que dificulta analizar una perspectiva completa, la interacción entre los actores que integran las redes. En relación con las redes comerciales, existe una brecha del

conocimiento, pues este tipo de análisis se ha enfocado en identificar actores comerciales en la red, más que analizar la evolución comercial a partir de indicadores en el comercio global de granos, lo que indica que existe una oportunidad de uso de la herramienta con esta perspectiva.

¿Cómo el ARS contribuye a estudiar la interacción entre los productores de maíz y los patrones de adopción de las prácticas agrícolas?

Ya se ha mencionado que el ARS se enfoca en analizar las relaciones que surgen a partir de la interacción entre un determinado grupo de actores, en este caso refiere a los productores de maíz. En este trabajo se presenta evidencia sobre la influencia social en las decisiones de los productores de maíz con respecto a la adopción de innovaciones. La importancia del enfoque utilizado, es que se explora el uso de las redes denominadas de modo dos, es decir, las que se forman a partir de dos tipos distintos de nodos o unidades de análisis, en este caso un tipo de nodo son los productores y otro las prácticas que éstos aprenden, adoptan o adaptan en sus parcelas, y que a partir de una proyección, estas relaciones son transformadas para identificar patrones de comportamiento e interacción entre distintos actores o entre pares, dependiendo la información que se requiera. Aún más, este estudio analiza también los atributos de la interacción como elementos que explican el comportamiento en la adopción de las prácticas agrícolas.

¿Cómo explica el ARS la evolución en el comercio global de maíz?

Con relación a la tercera pregunta de investigación, el análisis de la red de comercio global en dos momentos de análisis permitió identificar los cambios en la estructura de la red. De 2005 a 2016, incrementaron los países participantes en el comercio del maíz y esto dio pie a que se incrementaran las relaciones comerciales entre países y, al mismo tiempo propició una mayor cercanía, lo que supone menores tiempos y costos logísticos en la comercialización del grano. Además, se presenta una red menos vulnerable en términos de estructura, sin embargo, es clara la importancia de países como EE. UU. al consolidarse como uno de los países que cuentan con el mayor número de destinos para la exportación del grano, conjugado con la mayor aportación del grano al mercado

global. Por otro lado, existen países dependientes comerciales del grano, como es el caso de México, con una tendencia creciente a la importación del maíz amarillo, prácticamente de los EE. UU. Finalmente, la cercanía geográfica, es un factor determinante que dinamiza las relaciones comerciales entre los países.

5.2 Limitantes de la investigación

La principal limitante de la investigación se representa en que las redes analizadas no son estáticas, sino dinámicas. Es decir, los resultados encontrados refieren y describen a la información levantada y analizada en ese momento. Con base en ello, es un hecho que a la fecha las estructuras de ambas redes analizada han cambiado. Además, las medidas de centralidad utilizadas en el trabajo deben de tomarse con cierta cautela, dado que no se derivan de los vínculos existentes en una red social en sentido estricto. Como se indicó en la metodología, la herramienta del ARS permite aprovechar los datos relacionales obtenidos para el presente estudio y describir ante todo la afiliación de los productores con ciertos agentes (individuales o categóricos) fuentes de información de la innovación; así como, los flujos comerciales del maíz a nivel mundial.

5.3 Conclusiones y recomendaciones

El problema del maíz en México es multifactorial; sin embargo, en esta investigación se abordaron dos grandes preocupaciones: por un lado, la baja productividad relacionada con la limitada eficiencia de los sistemas producción de maíz, y por otro, la comercialización del grano de maíz que responde a las tendencias internacionales en materia de política agrícola y comercio mundial. Si bien existen otros factores de gran importancia como la tenencia de la tierra, los sistemas agroforestales, la estructura familiar, etc., son estos dos problemas en los que se puso énfasis durante el desarrollo de la investigación y a partir de lo cual se mencionan algunos aspectos relevantes.

En primer lugar, el Análisis de Redes Sociales permitió identificar patrones que muestran una desarticulación en la estructura de la red provocada por la escasa participación de los actores involucrados, tanto aquellos relacionados con la generación del conocimiento, la provisión de insumos, la comercialización y el mismo productor como ente que concentra el eslabón inicial en el proceso de producción de maíz. Todo lo anterior se refleja en el escaso intercambio de información y conocimiento para mejorar las condiciones de producción, lo cual explica en alguna medida, la baja productividad principalmente de aquellas unidades en situación de vulnerabilidad (pequeñas y medianas $\leq$ a 5 ha).

Segundo, es evidente que parte de la solución se encuentra en la participación de los productores en el entorno en el que se encuentran. Sin embargo, la escasa confianza que explica la desarticulación en la red proviene de un deterioro gradual de la misma entre productores y gobierno, instituciones y otros actores involucrados. Lo anterior causa comportamientos no cooperativos entre ellos. Una solución que se ha propuesto para recuperar la confianza y la participación a nivel de comunidad es el fomento al capital social; por tanto, el rol de los profesionales de la agricultura, así como aquellas instituciones que intervienen para promover el desarrollo agrícola, además del productor mismo, deberán crear y mantener el capital social en cada comunidad a través del fomento de relaciones de confianza, con la cual se posibilita el intercambio de conocimiento, la adopción, adaptación y difusión de nuevas tecnologías, lo que conlleva a que se puedan resolver problemáticas que se presentan en el corto plazo (plagas, enfermedades, nutrición, manejo del cultivo) y aquellas de largo plazo como la permanencia misma de los sistemas de producción de maíz a causa de los grandes problemas sociales de la actualidad (migración, abandono de tierras, transiciones generacionales de productores, cambio climático).

Tercero, para crear relaciones que mantengan o promuevan el capital social, es importante en primer lugar, identificar a los actores involucrados, en este caso en la producción de maíz, para después conocer los patrones de interacción y finalmente, definir una estrategia con base en la evidencia de quiénes gozan del

reconocimiento y legitimidad para promover y difundir el conocimiento y participación que incremente la productividad en el sector agrícola. Para lograr lo anterior, el ARS es una herramienta que ha cobrado importancia en los últimos años, pero que tiene un potencial aún no explorado del todo como herramienta para la toma de decisiones en el diseño y puesta en marcha de iniciativas de intervención para mejorar la producción.

5.4 Perspectivas de investigación

En futuras investigaciones es necesario realizar estudios que profundicen en las interacciones comerciales internas entre países, lo cual permitiría explorar con mayor detalle sus distintos roles ejercidos en la red comercio, tal como el caso de los líderes de opinión y articuladores de la red, en los estudios sobre difusión de las innovaciones agrícolas. También, existe la oportunidad de analizar el desarrollo de indicadores que evidencien con más precisión la interacción en las redes, pues se sabe que tanto las relaciones de aprendizaje como las de comercio están en función de una multitud de factores y representan todo un proceso de cambios y evolución de la red.

De igual manera, se podría conjugar el ARS con modelos econométricos que en combinación permitan fortalecer la comprensión de los fenómenos de interés, ya sea a nivel de productividad individual de cada productor, como en el ámbito comercial al nivel que se desee, como fue el caso, entre los países exportadores e importadores del grano de maíz.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz ponderada del comercio global de maíz 2005.

	Japón	México	Corea del Sur	China	España	Egipto	Irán	Colombia	Argelia	Holanda	Arabia Saudita	Malasia	Sudáfrica	Perú	Brasil	Alemania	Marruecos	Venezuela	Estados Unidos	Chile	Canadá	Guatemala	Bangladesh	Rumania	Turquia	Francia	Polonia	Rusia	Bulgaria	Hungría	Ucrania	Paraguay	Serbia	Argentina	Australia	
Japón				2								5							4																	
México							7	383								8		2,315	21,524		242	5,806				9									33	
Corea del Sur																			4		164															
China	790,764		5,635,390				483,766					485,468			5				42			58	152	49				1,536								
España						11	140		23	19	2					147	327				10			32	399	7,967	3	3		66	26					
Egipto											2,805																									
Irán																																				
Colombia					8									43				484			18															
Argelia																																				
Holanda				4	13,381		312,199					22				70,248	15			6					38	5,244	358	6		62						
Arabia Saudita																																				
Malasia				126						1	28																									
Sudáfrica	113,230				106	11,002		1,435		229							722	189							66	22		41			21			296	3	
Perú	1,079			68	5,195	7,769		18		52						1		5	690	20	23					56										
Brasil	10	795	301,174		117,037	280,150	628,274	894	21,132	40				1,297		2		1,386	2,533		1					108						4,012		168		
Alemania	210			10	20,661	2,025	83,870			572,427											19	14			28	19	208,479	1,943	7,581		2,346	54			3	
Marruecos					8																															
Venezuela																			14																	
Estados Unidos	15,678,900	5,741,802	2,162,022	4,907,119	15,090	3,495,592		2,159,462	1,062,845	1,253	190,956	7,735	3,296	203,850	141	1,719	769,792	137,321		936	2,149,714	850,534	7	659	15,030	5,313	102	9,245	1,320	1,323	4,816			474	7	
Chile	136	46		5	281			297		4,796	46	2		1,121		1,423	24		35,227			3,153	111		16	11	6,031		55	582					111	
Canadá					52			380				20				73	34,623	1,746	211,109	21					2	343		274	2	80	65					
Guatemala		325						134																												
Bangladesh																																				
Rumania					119,276	32,395			10,158	270						331				3	2					78,214	1,275	49	307	497	719	959				
Turquia	14				1,195	585			69	49						634								81		1,032			20	81					2	
Francia	707	1		8	2,144,470	4,219		21,236	1,227,913	20	951					1,138,329	572		181	78	89		381	209		4,356	506	173	1,144	2,651					6	
Polonia					67,383				2,400							71,563										80				96						
Rusia					42,942				3,221	21																										
Bulgaria					76,084	24,725			41,491							1									17	6,438	164					8				
Hungría	13				264,207	21			22	176,341						341,199	22				1				2,737	32,043	8,882	4,374	3,172	1,425		2,883				
Ucrania					322,489	32,929	257,767		206,359									13,000							41,755	45	60	157,335	20	18						
Paraguay														1	477,458																					
Serbia																224									121	96	1		1,670	97	74	116				
Argentina	56,363	909	227,516	119,119	931,001	1,024,065		253,513	961,571	112,023	1,063,828	1,722,795	77,637	1,103,540	98,615	414	801,235	3,778	10,874	1,129,685	40	173		2,703	35,013	316	374	13,171	264	23	74	684				
Australia	1,516		160	139		765					36	143	25									2													2	

Anexo 2. Matriz binaria del comercio global de maíz 2005.

	Japón	México	Corea del Sur	China	España	Egipto	Irán	Colombia	Argelia	Holanda	Arabia Saudita	Malasia	Sudáfrica	Perú	Brasil	Alemania	Marruecos	Venezuela	Estados Unidos	Chile	Canadá	Guatemala	Bangladesh	Rumania	Turquia	Francia	Polonia	Rusia	Bulgaria	Hungría	Ucrania	Paraguay	Serbia	Argentina	Australia				
Japón		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
México	0		0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
Corea del Sur	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
China	1	0	1		0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
España	0	0	0	0		1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0			
Egipto	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Irán	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Colombia	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Argelia	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Holanda	0	0	0	1	1	0	1	0	0		0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0			
Arabia Saudita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Malasia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Sudáfrica	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0		0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1			
Perú	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0		0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Brasil	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1		0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0			
Alemania	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0			
Marruecos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Venezuela	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Estados Unidos	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1			
Chile	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1		1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0			
Canadá	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1		1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0		
Guatemala	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Bangladesh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Rumania	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0		0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0		
Turquia	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0		
Francia	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1		1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0		
Polonia	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
Rusia	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Bulgaria	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0		0	0	1	0	0	0	0	0		
Hungría	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1		1	1	1	0	0	0	0		
Ucrania	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1		1	1	0	0	0	0		
Paraguay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		
Serbia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1		0	0	0	0	0	
Argentina	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
Australia	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Anexo 3. Matriz ponderada del comercio global de maíz 2016.

	Japón	México	Corea del Sur	China	España	Egipto	Irán	Colombia	Holanda	Argelia	Italia	Arabia Saudita	Malasia	Sudáfrica	Perú	Brasil	Alemania	Marruecos	Venezuela	Estados Unidos	Bélgica	Reino Unido	Chile	Canadá	Guatemala	Bangladesh	Austria	Rumania	Turquía	Francia	Polonia	Nueva Zelanda	Hungría	Rusia	Bulgaria	Ucrania	Paraguay	Serbia	Argentina	Australia	
Japón																																									
México			160					2			9			774,077	1,852	18	20		427,404	34,797	5	55	1,038	19,846		7	1		64			8		3			1	1			
Corea del Sur																				2			38																		
China	114		28							3				3,712						86	23		48			172				10		11		116						1	
España	23					626			19,697	13	10,348	168					394	613		2	380	39,025	1				6	416	3,784	15,423	26,974			33	74	773	2		12		
Egipto										38											1	47																			
Irán																																									
Colombia		25													1				2,391	3		1			24																
Holanda				24							11,257	1	93				209,243			23,540	215,954	13,996					261			33,601	27		3			2		1		1	
Argelia																																									
Italia	10			246	2,965				13			16					571	485		8,677	3	3	16				15,495	393	424	4,317	15		1,873		146			254	1		
Arabia Saudita																																									
Malasia				106																																					
Sudáfrica	112	145		375	391				611	25			158									1,112	25							2,026				473							
Perú	1,432			397	5,386			30	46		84								1,589	73	11	67	436							9		1									
Brasil	3,733,742	56,694	2,513,828	1,678,965	281,814	1,500,689	4,790,853	2,253	660,608	562,049	36,309	667,113	1,450,463	326,470	3,984			8	243,871	6,264	135,182	191		365	3	12,562	723,519			1				1,352	311		8,756		1,212	7	
Alemania	44			163	14,224		1		201,449		63,068									4	31,734	1,809	42	3			61,035	107	5	135,866	3,453		1,197	211	10	337		88			
Marruecos																																									
Venezuela																																									
Estados Unidos	11,426,526	13,893,522	4,232,360	2,773,537	89,515	910,433	95	4,565,430	87,007	688,569	75	1,956,179	60,749	102,863	2,657,079	532	2,060	738,479	1,117,642		152	125,670	820,657	1,093,375	989,286	186,124		572	71	351	892	32,072	107	370	404	776		3	445	309	
Bélgica	125			47	213				78,983		170			24						1,594		1,587		3			3			118,340	66		91								
Reino Unido					7				21,170		4,543		714							6	7			6						13,024											
Chile	211	2,290		2	86			20	4,964	30	5			264	200		153			16,799				1,116			1,491		12	315		1	10	42		2		3	58		
Canadá	1	61,706		331,465					105,490		98,096									800,670		49,052								17					58						
Guatemala								5												4			1							1											
Bangladesh																																									
Austria	23			1	1,897		1		263		474,072						41,576			3	401	698	2	1																	
Rumania					695,128	365,592	50,698		259,810	64,450	276,005		1,289	17,500			6,417	23		59,533	95,892	206,749	21	39,842			63,961		73,695	56,113	1,679		17,540	10,396	21,973	9,835		1,151			
Turquía	19					998			62,075	125	2,203	58	1	200			2,350	233		404,971	1,135	18	4	17,958		9	9			4,301		3	767	82	6	822		1			
Francia	1,315	3	52,172	255	1,632,776	67,815	30		844,565	125	412,229	3	33,024	416			478,739	55,284		158	671,657	576,148	215	69			4,306	5,585	1,583		13,326	105	8,731	11,334	8,397	3,299		1,152	3		
Polonia	12				5				119,256		5						711,387				22,044	73,168		9			1,342	48		786			191	105		19					
Nueva Zelanda	297								1,234					68			37			26			26	1				1		335	350			101				21		34	
Hungría	39		20,132		3,225		418		68,947		847,790			1			296,580	31		269	4,269	24		9			449,703	252,419		5,436	10,308			11,923	3,071	12,885		1,807			
Rusia	102,432	6	1,007,791	65,292	189,903		704,541		411,244	84,323	161,476						69,089			2		57,372		3,689		52,895	4	18	387,234	1		24				156					
Bulgaria				943	143,069	27,500	6		37,250	10,497	125,554									59,947	14,307		1				218	284,822	17,844	64,954	154	27,396	13	13							
Ucrania	41,866		92,164	2,860,323	2,368,546				1,083,652	115,504	1,250,017			75,367			285,803	16,900			478,486	186,592		771			6,416	24	5,415	2	151,267	165	2,516								
Paraguay			165,744				82,200			37,793			39,699	42,999	594	1,485,053				60,072		48		95,326						29											
Serbia			94,285		197,572		629			7,562	24,522						1,685	169									28,236	2,196	4,022	240	71		4,955	2,529	1,211	153					
Argentina	25,190	101,598	1,574,389	601	41,872	3,069,007	104	17,250	75,901	2,544,443	3,843	978,755	1,926,242	1,819,763	156,892	1,436,245	18,797	912,975	76,759	151,183	888	171,350	418,797	210	352	42,841	1	564		566	39,723	20		534	532		2,750			408	
Australia	1,071		33,135	2,794	1,007			2	1		984		7,614							3		71		6,400							79										

Anexo 4. Matriz binaria del comercio global de maíz 2016.

	Japón	México	Corea del Sur	China	España	Egipto	Irán	Colombia	Holanda	Argelia	Italia	Arabia Saudita	Malasia	Sudáfrica	Perú	Brasil	Alemania	Marruecos	Venezuela	Estados Unidos	Bélgica	Reino Unido	Chile	Canadá	Guatemala	Bangladesh	Austria	Rumanía	Turquía	Francia	Polonia	Nueva Zelanda	Hungría	Rusia	Bulgaria	Ucrania	Paraguay	Serbia	Argentina	Australia		
Japón																																										
México																																										
Corea del Sur																																										
China																																										
España																																										
Egipto																																										
Irán																																										
Colombia																																										
Holanda																																										
Argelia																																										
Italia																																										
Arabia Saudita																																										
Malasia																																										
Sudáfrica																																										
Perú																																										
Brasil																																										
Alemania																																										
Marruecos																																										
Venezuela																																										
Estados Unidos																																										
Bélgica																																										
Reino Unido																																										
Chile																																										
Canadá																																										
Guatemala																																										
Bangladesh																																										
Austria																																										
Rumanía																																										
Turquía																																										
Francia																																										
Polonia																																										

Anexo 5. Scripts R para graficar las redes circulares de los principales países exportadores e importadores

```
getwd()
setwd('C:/Users/mac/Dropbox/TesisDoctoradoJmAguirreL')

matrix <- read.csv("Trademaize2005.csv")
matrix
library(reshape2)
library(circlize)

longData1 <- melt(matrix)
longData1

chordDiagram(longData1, annotationTrack = "grid", preAllocateTracks = list(track.height = 0.1))
circos.trackPlotRegion(track.index = 1, panel.fun = function(x, y) {
  xlim = get.cell.meta.data("xlim")
  xplot = get.cell.meta.data("xplot")
  ylim = get.cell.meta.data("ylim")
  sector.name = get.cell.meta.data("sector.index")
  if(abs(xplot[2] - xplot[1]) < 10) {
    circos.text(mean(xlim), ylim[1], sector.name, facing = "clockwise",
               niceFacing = TRUE, adj = c(0, 0.5))
  } else {
    circos.text(mean(xlim), ylim[1], sector.name, facing = "inside",
               niceFacing = TRUE, adj = c(0.5, 0))
  }
}, bg.border = NA)
```