

Análisis dinámico de redes en la difusión de innovaciones agrícolas*

Dynamic analysis of networks in the diffusion of agricultural innovations

Julio Díaz-José¹, Roberto Rendón-Medel^{1§}, Jorge Aguilar-Ávila¹ y Manrrubio Muñoz-Rodríguez¹

¹Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km. 38.5, Chapingo, México. C. P. 56230. Tel: +52(55)5133-110. [§]Autor para correspondencia: rendon.roberto@ciestaam.edu.mx.

Resumen

Este estudio analizó la evolución de una red de innovación entre productores de hule natural durante tres periodos de observación (dos olas o tres años), y evaluó cómo los productores reaccionan a diferentes innovaciones en un momento dado. Las prácticas de innovación fueron agrupadas en tres actividades: control de plagas y enfermedades, establecimiento y manejo de plantaciones, y manejo de cosecha y poscosecha. La representación de la red y su evolución, fueron analizadas a través de un "modelo estocástico basado en el actor para redes dinámicas", usando el programa SIENA (Rsiena) para el análisis de los datos. Los resultados obtenidos demuestran que los productores buscaron innovaciones con resultados en el corto plazo. Las innovaciones de cosecha y poscosecha fueron mejor adoptadas siguiendo una tendencia de búsqueda de información al interior de la red.

Palabras clave: análisis de redes sociales, difusión de innovaciones, SIENA.

Introducción

En México, la producción de hule natural se realiza en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, y a pesar de una baja participación en el mercado internacional, esta

Abstract

This study analyzed the evolution of an innovation network between natural rubber producers for three observation periods (two waves or three years), and evaluated how producers react to different innovations in a given time. Innovation practices were grouped into three activities: pest and disease control, establishment and management of plantations, and harvesting and postharvest handling. The representation of the network and its evolution were analyzed through a "stochastic model based on the actor for dynamic networks," using the SIENA program (Rsiena) for data analysis. The results show that producers sought innovations in the short-term results. The harvest and postharvest innovations were adopted following a trend of information search within the network.

Keywords: social network analysis, diffusion of innovations, SIENA.

Introduction

In Mexico, the production of natural rubber is done in the states of Veracruz, Oaxaca, Tabasco and Chiapas, despite a low participation in the international market, this activity

* Recibido: noviembre de 2012
Aceptado: abril de 2013

actividad involucra aproximadamente a 7 000 productores que cultivan cerca de 37 094 hectáreas. Con el objetivo de mejorar los rendimientos en la producción de hule natural, se implementó un proyecto de gestión de la innovación hacia productores, utilizando el modelo de agencias de gestión de la innovación (MAGI), que promovió la difusión de paquetes de innovaciones relacionados con mejores prácticas de sanidad (SAN), manejo de plantaciones (MC) y cosecha (COS). SAN=prácticas fitosanitarias como control de plagas y enfermedades; MC= manejo de cultivo como fertilización, guardarrayas, y COS= mejores prácticas de cosecha y poscosecha como limpieza de tableros y calidad de latex.

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

Ahora bien, debido a la complejidad de los procesos y sistemas de innovación, es necesario utilizar métodos de análisis que contribuyan a entender mejor su comportamiento. Spielman *et al.* (2011), sugieren que se pueden utilizar las historias de innovación, la comparación entre países, la teoría de juegos y el análisis de redes sociales. Éste último, es una técnica matemática para analizar relaciones entre actores y los patrones e implicaciones de esas relaciones dentro de una estructura social (Wasserman y Faust, 1994).

En años recientes, las redes se han estudiado como un elemento importante en los patrones de difusión y adopción de innovaciones utilizando métodos de análisis de redes sociales (Valente, 1996; Nyblom *et al.*, 2003; Wu y Pretty, 2004; Gamboa *et al.*, 2010). Una red social se compone de nodos y lazos; para este estudio, los nodos representan actores (los que integran la red de innovación) y los lazos representan relaciones (sociales, técnicas y comerciales).

Sin embargo, tanto las redes como la innovación no son estáticas, son más bien dinámicas, por lo que para estudiarlas se debe tener presente el cambio en el tiempo, como un elemento importante para entender el proceso de innovación. Una red dinámica consiste en relaciones de

involves approximately 7000 producers who grow close to 37 094 hectares. In order to improve yields in the production of natural rubber, a project of innovation management was implemented focus on producers, using the loadstar of innovation management agency (MAGI), which promoted the diffusion of innovations related with better health practices (SAN), plantation management (CM) and harvest (COS). SAN = plant practices like pest and disease control, MC = crop management such as fertilization, boundary, and COS = better harvest and postharvest practices as board cleaning and quality of latex.

In order to approach the analysis and design of policies, it is necessary to study the factors that lead producers to react differently before changes in the way of producing, in an environment that considers the complexity of the structure under which the innovation processes occur. Study the process of innovation with an "innovation system" approach, has gained importance in recent years because it considers the interactions occurring between people, organizations and institutions in the production, diffusion and use of knowledge.

Now, due to the complexity of the processes and innovation systems, it is necessary to use analysis methods that contribute to better understand its behavior. Spielman *et al.* (2011) suggest that it can be use the stories of innovation, comparison between countries, game theory and social network analysis. The latter is a mathematical technique to analyze relationships between actors and patterns and implications of these relationships within a social structure (Wasserman and Faust, 1994).

In recent years, networks have been studied as an important element in the patterns of diffusion and adoption of innovations using social network analysis (Valente, 1996; Nyblom *et al.*, 2003, Wu and Pretty, 2004; Gamboa *et al.*, 2010). A social network consists of nodes and links: for this study, nodes represent actors (member of the innovation network) and the links represent relationships (social, technical and commercial).

However, networks and innovation are not static, but rather dynamic; in order to study them it must be considered the change in time, as an important element to understand the innovation process. A dynamic network consists of actor's relationships changing over time (Snijders *et al.*, 2010) and unlike the static analysis; the study of changing relationships becomes more complex.

actores que cambian a través del tiempo (Snijders *et al.*, 2010) y a diferencia del análisis estático, el estudio de relaciones cambiantes se vuelve más complejo. Existen diversos métodos estadísticos y propuestas para el análisis longitudinal de una red (van Duijin *et al.*, 1999; Snijders, 2005).

El presente estudio analizó los patrones de aprendizaje y colaboración en un proceso de difusión de innovación, y en el cual consideramos que los agricultores mantienen, establecen o suprimen relaciones para mejorar su situación actual. Éste estudio es relevante por la creciente adopción en México de modelos de extensión agrícola con un enfoque de red, lo cual representa la necesidad de explorar métodos de análisis con rigor metodológico orientados a respaldar decisiones de política pública relacionadas con la difusión de innovaciones agrícolas.

El estudio se realizó con 78 productores de hule natural y 16 instituciones (asesores extensionistas, organización de productores, agroindustria, proveedores de insumos, proveedor de servicios financieros e institutos de investigación), en el municipio de Tezonapa en Veracruz, México. La información corresponde a tres momentos de observación (dos periodos); en total sumaron 94 nodos o actores que fueron considerados como una red de innovación. Se aplicó un cuestionario a los productores los años de 2009, 2010 y 2011.

La estructura del cuestionario se dividió en tres secciones: la primera sección colectó información relacionada con atributos generales de los productores como género, edad, escolaridad y otras actividades; la segunda sección estuvo relacionada con la adopción de innovaciones, con la que se midió el índice de adopción de innovaciones para los tres paquetes de innovación (SAN, MC, COS); la tercera sección -se le preguntó a los productores de quién aprenden, con quien comparten regularmente temas relacionados con el cultivo de hule, a quién le compran los insumos para la producción y a quién le vende su producción-. Se estructuró para mapear la red de relaciones sociales, técnicas y comerciales de los productores. La información colectada en campo refirió relaciones de 78 productores en la red de innovación, con estos datos se construyeron tres modelos (modelo 1 SAN, modelo 2 MC, modelo 3 COS), para determinar el comportamiento de los productores con relación a las innovaciones.

Para el análisis de la red de productores se estimó el número de prácticas que éstos realizaron, y con base en ello, se construyó un índice de valores de adopción para cada

There are several statistical methods and proposals for longitudinal analysis of a network (van Duijin *et al.*, 1999; Snijders, 2005).

The present study analyzed the patterns of learning and collaboration in a process of diffusion of innovation, and in which considered that farmers maintain, establish or delete relationships to improve their current situation. This study is important because of the increasing adoption in Mexico of agricultural extension models with network approach, which represents the need to explore analysis methods with methodological rigor aimed to support public policy decisions related to the diffusion of agricultural innovations.

The study was conducted with 78 producers of natural rubber and 16 institutions (extension advisors, producers organizations, agro industry, input suppliers, financial service provider and research institutes), in the municipality of Tezonapa in Veracruz, Mexico. The information corresponds to three times of observation (two periods), in total added 94 nodes or actors that were considered as an innovation network. A questionnaire was applied to producers the years 2009, 2010 and 2011.

The structure of the questionnaire was divided into three sections: the first section collected information related to general attributes of producers such as gender, age, education and other activities; the second section was related to the adoption of innovations, with which measured the adoption index of innovations for the three innovation packages (SAN, MC, COS); the third section -was asked to the producers from who they learn, with whom regularly share issues related to rubber cultivation, to whom they buy inputs for production and to whom they sells its production. It was structured to map the network of social, technical and commercial producers. The information collected in field obtained relationships from 78 producers in network innovation, with these data were constructed three models (SAN, MC, COS) to determine the behavior of producers in relation to innovations.

For the analysis of the network of producers estimated the number of practices they performed, and based on this, constructed an adoption index value for each package of innovations-SAN, MC and COS-, for which constructed intervals on the rate of adoption of innovations by producers: from 0 to 33% = 1, 34 to 66% = 2 and 67 to 100% = 3. This value (1 to 3) was the changing covariate with a range of 1 to 3 of innovation adoption by farmers.

paquete de innovaciones -SAN, MC y COS-, para lo cual se construyeron intervalos sobre el porcentaje de adopción de innovaciones que realizan los productores: de 0 a 33%= 1, de 34 a 66%= 2 y de 67 a 100%= 3. Éste valor (1 a 3) fue la covariable cambiante con un rango de 1 a 3 de adopción de la innovación por parte de los productores.

Se construyeron tres "modelos estocásticos basados en el actor" -modelo SAN, modelo MC y modelo COS- de acuerdo a (Snijders, 2005; Ripley *et al.*, 2010; Snijders *et al.*, 2010), que permitieron realizar un análisis dinámico para definir la estructura de las redes y los cambios a través del tiempo, donde los atributos de los actores jugaron un papel importante en el análisis longitudinal de la red dinámica. Para el análisis de los modelos se utilizó el método SIENA (Simulation Investigation for Empirical Network Analysis) y sus respectivos *test* mediante el Método Incondicional por Momentos (Snijders *et al.*, 2007) con el programa SIENA versión 4 - Rsiena- que permitió verificar la bondad de ajuste de los modelos obtenidos y la verificación de signos de colinealidad.

Con la información longitudinal (tres matrices $n \times n$), SIENA calculó parámetros (β_k) para los efectos de red y los efectos de covariable de actor, utilizando probabilidades en la formación y terminación de relaciones. En la definición de los modelos de este estudio se incluyeron los siguientes efectos de red y de covariable: densidad, reciprocidad, tripletes transitivos, popularidad en grados de entrada, actividad en grados de entrada, actividad en grados de salida, asortatividad grado de entrada-salida, covariable alter, covariable ego, covariable similitud. Para una definición teórica ver (Ripley *et al.*, 2010).

Los resultados muestran que el efecto outdegree es negativo y significativo en los tres modelos presentados (-4.31, -4.43, -4.34). Ebbers y Wijnberg (2010), mencionan que el hecho que el parámetro sea negativo, indica que las relaciones arbitrarias son costosas, y por lo tanto, es poco probable que los actores de la red formen lazos con otros actores al azar (Cuadro 1).

El valor positivo y significativo del efecto tripletes transitivos sugiere la existencia de un cierre de la red y representa un aumento en las relaciones que tienen los productores entre sí, y por tanto un mayor flujo de información en el proceso de difusión de las innovaciones. El efecto popularidad en grados de entrada (0.23) se interpreta como la tendencia de productores con altos grados de entrada, para atraer más relaciones hacia ellos (el éxito que genera éxito), este efecto aplica para muchos fenómenos de las ciencias sociales y puede estar determinado por el tamaño y recursos que tiene

Three "stochastic models based on the actor"-SAN model, MC and COS were built according to (Snijders, 2005; Ripley *et al.*, 2010; Snijders *et al.*, 2010), which allowed to perform a dynamic analysis to define the structure of networks and changes over time, where the attributes of the actors played an important role in the longitudinal analysis of the network dynamics. For the analysis of the models was used SIENA method (Simulation Investigation for Empirical Network Analysis) and their respective *test* through the Unconditional Method by Moments (Snijders *et al.*, 2007) with the SIENA program version 4 - Rsiena, allowing to verify the goodness of fit from the models obtained and checking for signs of collinearity.

With longitudinal data (three matrices $n \times n$), SIENA calculated parameters (β_k) for network effects and covariate effects of actor, using probabilities in the formation and termination of relationships. In the definition of the models from this study included the following network and covariate effects: density, reciprocity, transitive triplets, popularity in extent of inputs, activity in extent of input, activity in extent of outputs, assortativity extent of input-output, alter covariate, ego covariate, similarity covariate. For a theoretical definition see (Ripley *et al.*, 2010).

The results show that the outdegree effect is negative and significant in all three models (-4.31, -4.43, -4.34). Ebbers and Wijnberg (2010) mention the fact that the parameter is negative, indicates that the arbitrary relationships are costly and therefore it is unlikely that the network actor form ties with other actors at random (Table 1).

The positive and significant value of the transitive triplet effect suggests the existence of a network closure and represents an increase in relationships that producers have among each other, and therefore a greater flow of information in the process of diffusion of innovations. The popularity effect on extent of input (0.23) is interpreted as the tendency of producers with high levels of input, to attract more relations towards them (success generates success), this effect applies to many phenomena in the social sciences and may be determined by the size and resources of a producer within the network, the recognition that other producers have of him, or the results of the implementation of innovations.

The effect of activity in extent of output, positive and significant, reflects a trend of producers with high extent (relationships) of output to send additional relationships

un productor dentro de la red, el reconocimiento que tienen de él otros productores, o los resultados obtenidos en la aplicación de las innovaciones.

of output, which implies that, are information seekers or exchanged information with more producers. If the nodes in a network that have many connections (high-extent) tend

Cuadro 1. Parámetros estimados en evolución de redes de innovación.

Table 1. Parameter estimates in evolving innovation networks.

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

† $p < .1$, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. Los *p*-valores están basados en un aproximado de la distribución normal de los *t*-ratios (estimado dividido en el error estándar).

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

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

to be connected by other nodes with many connections (high-extent), is present the assortativity phenomenon; on the other hand, if nodes with high extent connect nodes with low extent then the opposite phenomenon present (disassortativity). Newman (2002) mentioned that social networks tend to be assortative and technological and biological networks are disassortative. The assortativity is a parameter that measures the tendency of union between the nodes of a network, the effect of assortativity-extent input-output^{^(1/2)} reflects the tendency of actors with high levels of input relations, to prefer being related with other actors with high levels of output relations. The negative value (-1.34) obtained in this effect, indicates that producers that concentrate input relations, are not interacting with producers that concentrate output relations.

Now, when a variable *V* (the value of innovation level where 1 is low, 2 is intermediate and 3 high) is present in several effects within a model, then these effects can be better understood when taken into account simultaneously (Snijders and Ruth, 2010). From Table 1 and the equations (f, g, h) for ego, alter, and similarity can be obtained the contribution parameters $Y_{e,a,s}$, using Equation 1 (Snijders 2005).

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

estos efectos se pueden entender mejor cuando se toman en cuenta de forma simultánea (Snijders y Ruth, 2010). A partir del Cuadro 1 y de las ecuaciones (*f*, *g*, *h*) para ego, alter y similitud, se pueden obtener los parámetros de contribución $Y_{e^2, a^2, s}$, mediante la Ecuación 1 (Snijders 2005).

$$Y_{e^2, a^2, s} = \beta_{ego} V_i X_i + \beta_{alter} \sum_j X_{ij} V_j + \beta_{sim} \sum_j X_{ij} (sim_{ij}^v - \overline{sim}) \quad (1)$$

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

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

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

Utilizando los datos de la salida de SIENA en el modelo SAN, se puede observar que la variable cambiante de innovación asume valores de 1 a 3, con una media centrada $V_i = 1.449$, y media de la variable similitud $\overline{sim}^v = 0.5042$, los valores de los parámetros son, $\beta_{ego} = -2.29$, $\beta_{alter} = 0.54$, $\beta_{similitud} = 0.74$. Sustituyendo los resultados en la Ecuación 2, se tiene lo siguiente:

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

Siguiendo el mismo procedimiento, se construyen las contribuciones para los tres modelos de innovación. En el Cuadro 2 se presentan los valores simultáneos para los efectos de ego (filas de la matriz), alter (columnas de la matriz) y similitud (diagonal de la matriz). Las matrices se componen de variables con valores de 1 a 3, que representan el valor de adopción de innovaciones que puede tener un productor. El patrón de relacionamientos en las matrices indica que para los tres modelos, los productores con bajos niveles de adopción de innovación tienden a interactuar con productores que tienen mayores niveles de adopción de innovación, ya que los valores más altos de cada fila de la matriz se encuentran en la columna número 3.

Where: $sim_{ij}^v = 1 - \frac{V_i - V_j}{\Delta_v}$ with $\Delta_v = \max_{ij} |V_i - V_j|$ close to the observed range of covariate V for actors i and j . Therefore, the results may be substituted in Equation 2.

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

Where: β_{ego} , β_{alter} and β_{sim} , are the estimated parameters obtained in models 1 to 3 in Table 3; V_i = the values that can take actor i (1 to 3 which are innovation levels of SAN, MC and COS); V_j = the values that can take the actor j (also 1 to 3); \bar{V} = mean-centered variable in models (1.449 in SAN, 1.705 in MC and 1.199 in COS). The average of all similarity scores - SIENA estimates centered values to be substituted in the formula \overline{sim}^v for each model was (SAN=0.5042, MC=0.6732 and COS=0.757).

Using the output data of Siena in SAN model, it can be observed that the innovation changing variable takes values from 1 to 3, with a mean centered $V_i = 1.449$, and mean of the similarity variable $\overline{sim}^v = 0.5042$, values for parameters $\beta_{ego} = -2.29$, $\beta_{alter} = 0.54$, $\beta_{similarity} = 0.74$. Substituting the results into Equation 2, we have the following:

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

Following the same procedure, are constructed the contributions for the three models of innovation. Table 2 presents simultaneous values for the effects of ego (rows of the matrix), alter (columns of the matrix) and similarity (diagonal of the matrix). The matrices are comprised of variables with values of 1 to 3, which represent the value of innovation adoption that may have a producer. The pattern of relationships in the matrices indicates that for all three models, producers with low levels of innovation adoption tend to interact with producers having higher levels of innovation adoption, since the highest values of each row of the matrix are found in column # 3.

In model 3 (COS), the pattern of relationships is similar to the other two, in the sense that producers with low innovation adoption seek to relate with producers having higher levels, but the values of the diagonal of the matrix (-0.18, 0.2 and 0.58) indicate that between relationship the ratio is less, but growing when increases the level of innovation adoption.

In the case of innovation packages (SAN and MC), are innovations with higher cost for the producer but sustainable making the production system. In the case of SAN, take care

Cuadro 2. Contribución de efectos simultáneos ego, alter y similitud.
Table 2. Contribution of simultaneous effects ego, alter, and similarity.

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

$Z_i = V_i$; $Z_j = V_j$. 1= nivel de innovación bajo; 2= nivel de innovación medio; 3= nivel de innovación alto.

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

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

Conclusiones

Desde el punto de vista metodológico, el análisis longitudinal permite identificar cómo evolucionan las relaciones de aprendizaje de los productores a través del tiempo, y cómo abordar mejor la dinámica de la innovación desde el punto de vista sistémico. Los resultados indican que en la difusión de innovaciones se deben considerar tres elementos básicos: 1) el tipo de innovación, en el cual el productor evalúa el monto de inversión (aversión al riesgo), el tiempo en que se demuestran los resultados o efectividad de una innovación, y la factibilidad para adecuar su sistema de producción vigente con respecto a nuevas tecnologías; 2) la estructura social en la que interactúa el productor, donde existe la propensión a buscar actores con mejores niveles de adopción de innovación como referencia; y 3) la estrategia para difundir innovaciones, en la cual se deben considerar "paquetes" de innovación atractivos y efectivos para los productores, además de la conformación de grupos que incluyan actores con diferentes niveles de innovación donde se fomente el aprendizaje.

and control pests and diseases that keep the production of latex, and in the case of MC, are practices with high costs to the producer and the results are long-term, but that define sustainability of the production system.

Conclusions

From the methodological point of view longitudinal analysis allows to identify how learning relationships of producers evolve over time and how to address the dynamics of innovation from a systemic perspective. The results indicate that the diffusion of innovations should consider three basic elements: 1) the type of innovation, in which the producer evaluates the amount of investment (risk aversion), the time in which the results are shown or effectiveness of innovation, and the feasibility to adapt their production system regarding new technologies, 2) social structure in which the producer interact, where there is the propensity to seek actors with higher levels of innovation adoption as reference, and 3) strategy to disseminate innovations, which should consider "packages" of attractive and effective innovation for producers as well as the formation of groups including actors with different levels of innovation fostering learning.

End of the English version



Literatura citada

- Ebbers, J. J. and Wijnberg, N. M. 2010. Wijnberg disentangling the effects of reputation and network position on the evolution of alliance networks. *Strategic Organization*. 8:255-275.
- Gamboa, V. G.; Barkmann, J. and Marggraf, R. 2010. Social network effects on the adoption of agroforestry species: preliminary results of a study on differences on adoption patterns in Southern Ecuador. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 4:71-82.

- Newman, M. E. J. 2002. Assortative mixing in networks. *Physical review letters*. 89:208701.
- Nyblom, J.; Borgatti, S.; Roslakka, J. and Salo, M. A. 2003. Statistical analysis of network data--an application to diffusion of innovation. *Social Networks*. 25:175-195.
- Ripley, R. M.; Snijders, T. A. B and López, P. P. 2010. Manual for SIENA version 4.0. Oxford: University of Oxford.
- Snijders, T. A. B. 2001. The statistical evaluation of social network dynamics. *Sociological Methodology*. 31:361-395.
- Snijders, T. A. B. 2005. Models for longitudinal network data, in Carrington, J. P.; Scott, J. and Wasserman, S. (Eds.). *Models and methods in social network analysis*. New York: Cambridge University Press. 215-247 pp.
- Snijders, T. A. B.; Steglich, C.E.G. and Michael, S. 2007. Modeling the co-evolution of networks and behavior. *In: Montfort, K.v. Oud, H. and Satorra, A. (eds.). Longitudinal models in the behavioral and related sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum. 41-71 pp.
- Snijders, T. A. B.; van de Bunt, G. G. and Steglich, C. E. G. 2010. Introduction to stochastic actor-based models for network dynamics. *Social Networks*. 32:44-60.
- Spielman, D.; Davis, K.; Negash, M. and Ayele, G. 2011. Rural innovation systems and networks: findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agriculture and Human Values*. 28:195-212.
- Valente, T. W. 1996. Social network thresholds in the diffusion of innovations. *Social Networks*. 18:69-89.
- van Duijn, M. A. J. J. van Busschbach, T. and Snijders, T. A. B. 1999. Multilevel analysis of personal networks as dependent variables. *Social Networks*. 21:187-210.
- Wasserman, S. and Faust, K. 1994. *Social network analysis, methods and applications*. Cambridge University Press.
- Wu, B. and Pretty, J. 2004. Social connectedness in marginal rural China: the case of farmer innovation circles in Zhidan, north Shaanxi. *Agriculture and Human Values*. 21:81-92.