

## **Análisis de las redes de financiamiento del sistema nacional de innovación agropecuaria en México\***

### **Analysis of financing networks from national agricultural innovation system in Mexico**

**Venancio Cuevas Reyes<sup>1</sup>, Anastacio Espejel García<sup>2§</sup>, Georgel Moctezuma López<sup>3</sup>, César A. Rosales Nieto<sup>4</sup> y Alfredo Tapia Naranjo<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Los Reyes-Texcoco, km 13.5, A. P. 10, C. P. 56250. Coatlínchán, Texcoco, Estado de México. (cuevas.venancio@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>CONACYT-Universidad Autónoma Chapingo-Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (aespejelga@conacyt.mx). <sup>3</sup>COMEF- INIFAP. Av. Progreso No. 5, Barrio Sta. Catarina. Delegación Coyoacán, C. P. 04010, México, D. F. Tel. 01 55 36268700. (moctezuma.georgel@inifap.gob.mx). <sup>4</sup>Campo Experimental San Luis-INIFAP. Ejido Palma de la Cruz, C.P. 7843. San Luis Potosí, San Luis Potosí. (rosales.cesar@inifap.gob.mx). <sup>5</sup>Sitio Experimental Querétaro-INIFAP. (tapia.alfredo@inifap.gob.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: aespejelga@conacyt.mx.

#### **Resumen**

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar las redes de financiamiento entre las instituciones de investigación pertenecientes al sistema nacional de investigación agropecuario (SNIA) en México. En 2014 fueron realizadas 164 encuestas a instituciones de educación (IES), centros públicos de investigación (CPI) y empresas o instituciones de investigación privado (SP) que realizan acciones de investigación en el ámbito agropecuario en México. Se utilizó la metodología de redes sociales para analizar y caracterizar la red de financiamiento de las instituciones del SNIA a nivel nacional. El cálculo de indicadores e identificación de actores se realizó con el software Ucinet v.6 y Key Player v.2. Las redes analizadas presentan baja densidad; 0.48% (IES) 0.75% (CPI) y 3% (SP) lo cual implica que hay escasa relación entre los actores gubernamentales. La red de financiamiento del SNIA esta soportada principalmente por recursos públicos y tiene baja participación de inversión privada. Se concluye que existe una baja densidad entre los nodos del sistema, por lo que el estudio de la red de financiamiento muestra un bajo nivel de articulación y vinculación de los actores públicos y privados relacionados con la investigación agropecuaria en México.

#### **Abstract**

The present study aimed to analyze financing networks between research institutions belonging to the national agricultural research system (SNIA) in Mexico. In 2014, 164 surveys were conducted to educational institutions (IES), public research centers (CPI) and private companies or research institutions (SP) conducting research activities in the field of agriculture in Mexico. Social networking methodology was used to analyze and characterize the financing network of SNIA institutions nationwide. Calculating indicators and identification of actors was performed with Ucinet v.6 and Key Player v.2 software. Networks analyzed have low density; 0.48% (IES) 0.75% (CPI) and 3% (SP) which implies that there is little relationship between government actors. The financing network from SNIA is supported mainly by public resources and has low participation of private investment. It is concluded that there is low density between the nodes in the system, so that the study of the financing network shows a low level of articulation and linkage of public and private actors involved in agricultural research in Mexico.

**Keywords:** agricultural sector, density, innovation, links, research.

\* Recibido: julio de 2016  
Aceptado: septiembre de 2016

**Palabras clave:** ámbito agropecuario, densidad, investigación, innovación, vínculos.

## Introducción

Un sistema de innovación está constituido por una red o conjunto de actores o instituciones tanto público como privados cuyo objetivo es que nuevos productos, procesos y formas de organización tengan utilidad económica, junto con instituciones y políticas que afectan tanto su comportamiento como rendimiento visible (Niosi *et al.*, 1993; Freeman, 1995; Lundvall, 1992, World bank, 2007). Es reconocido que una fortaleza del enfoque de sistemas de innovación es que ofrece una explicación holística acerca de cómo el conocimiento es producido, difundido y utilizado, al mismo tiempo que enfatiza en los diversos actores y procesos (Anlló *et al.*, 2010).

“En el sistema mexicano de innovación (SMI) es posible encontrar la mayoría de los agentes identificados en lo que pudiéramos llamar ‘Sistemas de Innovación que funcionan bien’ como son los de los países desarrollados y de algunos países emergentes. Sin embargo, en el SMI es posible identificar algunas fallas de vinculación, transferencia de conocimiento y aprendizaje interactivo. Estas fallas no permiten una mejor interacción entre los agentes del sistema” (Casas *et al.*, 2014; 44). Se ha identificado que los agentes más relevantes en el SMI son los organismos e instituciones gubernamentales, instituciones de educación superior (IES), centros e institutos públicos de investigación (CPI), empresas, agencias de vinculación o instituciones intermedias y el sector financiero (Ekboir *et al.*, 2003; Casas *et al.*, 2014).

Una parte relevante del SMI es el denominado sistema nacional de investigación agropecuario mexicano (SNIA) referido únicamente al sector de investigación, el cual está integrado por la red o conjunto de instituciones públicas y privadas que realizan acciones de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en el sector primario. El SNIA está integrado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Colegio de Posgraduados (COLPOS), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Institutos Tecnológicos Agropecuarios dependientes de la Secretaría de Educación Pública (SEP), facultades de agronomía y veterinaria de las diferentes universidades estatales; los consejos estatales de ciencia

## Introduction

An innovation system consists of a network or set of actors or both public and private institutions whose objective is that new products, processes and forms of organization have economic utility, along with institutions and policies that affect both their behavior and visible performance (Niosi *et al.*, 1993; Freeman, 1995; Lundvall, 1992; World Bank, 2007). It is recognized that a strength from the systems approach to innovation is that provides a holistic explanation of how knowledge is produced, disseminated and used, while emphasizing the various actors and processes (Anlló *et al.*, 2010).

"In the Mexican innovation system (SMI) it is possible to find most of the agents identified in what we might call 'Innovation Systems that work well' as are those of developed countries and some emerging countries. However, in SMI is possible to identify some link failures, knowledge transfer and interactive learning. These failures do not allow better interaction between system agents "(Casas *et al.*, 2014; 44). It has been identified that the most important agents in SMI are government agencies and institutions, institutions of higher education (IES), centers and public research institutes (CPI), companies, linking agencies or intermediary institutions and financial sector (Ekboir *et al.*, 2003; Casas *et al.*, 2014).

A significant part from SMI is the so-called national system of Mexican agricultural research (SNIA) referred only to the research sector, which is composed by the network or group of public and private institutions that carry out research, development and innovation (I+D+i) in the primary sector. SNIA is composed of the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), Graduate School (COLPOS), Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Technological Institutes of Agriculture under the Ministry of Public education (SEP), colleges of agriculture and veterinary from different state universities; state councils of science and technology; support groups to research and state foundations to promote and support projects oriented to technology transfer.

Recent studies where the configuration of the innovation system of Mexican Agrifood industry (SNIA) is studied indicates that despite the robust legal framework and

y tecnología; patronatos de apoyo a la Investigación y fundaciones estatales para fomento y apoyo a proyectos con orientación a la transferencia de tecnología.

Estudios recientes donde se estudia la configuración del sistema de innovación del sector agroalimentario mexicano (SNIA) señala que a pesar del marco legal robusto y del esfuerzo institucional por articular a los actores públicos y privados para detonar la innovación en el sector agropecuario mexicano los esfuerzos de los actores del SNIA no son suficientemente congruentes con sus propósitos y metas, muchas veces porque éstos son excesivamente ambiciosos a la luz de los recursos con los que se cuenta (Solleiro *et al.*, 2015). Algunos autores señalan que un sistema de innovación existe independientemente del nivel de intervención gubernamental (Hartwich y Jansen, 2007), y que este enfoque presenta debilidades (Molero y Corona, 2008; Anlló *et al.*, 2010).

Una primera debilidad de esta perspectiva se centra en cómo medir estos sistemas, a fin de estudiar la evolución de su capacidad de innovación y sus resultados o comparar sistemas de innovación de distintos países. Una segunda debilidad existente en los países en vías de desarrollo, es que la identificación de los actores que participan es limitada. Por lo que se desconocen los vínculos, sus relaciones y capacidades institucionales para enfrentar la demanda de innovaciones que requieren los diferentes usuarios del sector agropecuario (Anlló *et al.*, 2010). De tal forma que el análisis de los vínculos de las Instituciones de investigación y desarrollo en el ámbito agropecuario resultan relevantes para la generación de estrategia e incentivos que mejoren el SNIA así como la generación, transferencia y uso de innovaciones del sector productivo. El objetivo del presente trabajo consiste en analizar las redes de financiamiento y colaboración entre las instituciones de ciencia, tecnología e innovación pertenecientes al sistema nacional de investigación agropecuario (SNIA) en México durante el año 2013.

## Material y métodos

### Encuesta

El análisis de las redes de financiamiento de los principales actores del sistema nacional de investigación agropecuario consideró la aplicación de 164 encuestas aplicadas a instituciones de investigación establecidas en México. La

institutional effort to articulate public and private actors to detonate innovation in Mexican agricultural sector the efforts from SNIA actors are not sufficiently consistent with its purposes and goals, often because they are too ambitious in light of the resources with which account (Solleiro *et al.*, 2015). Some authors suggest that an innovation system exists independently of the level of government intervention (Hartwich and Jansen, 2007), and that this approach has weaknesses (Molero and Corona, 2008; Anlló *et al.*, 2010).

A first weakness of this perspective focuses on how to measure these systems in order to study the evolution of its capacity for innovation and its results or compare innovation systems from different countries. A second existing weakness in developing countries, is that the identification of the actors involved is limited. So the links, relationships and institutional capacities are unknown to meet the demand of innovations that require different users from the agricultural sector (Anlló *et al.*, 2010). So that the analysis of the links of research institutions and development in the agricultural sector are relevant for the generation of strategy and incentives that improve SNIA, thus the generation, transfer and use of innovations in the productive sector. The aim of this paper is to analyze financing networks and collaboration among institutions of science, technology and innovation belonging to the national agricultural research system (SNIA) in Mexico during 2013.

## Material and methods

### Survey

The analysis of the financing networks of the major players of the national agricultural research system considered the application of 164 surveys to research institutions established in Mexico. The survey was conducted nationwide between September and October 2014. The mechanics to obtain the surveys was to use the infrastructure from INIFAP, INIFAP has national coverage so that in each of the states of the country there is infrastructure and human capital. Thus, the steps followed to implement the survey were:

Identification through secondary sources (publications, Internet pages) of those institutions at state and national level that carry out I + D + i activities in the agricultural sector

encuesta se aplicó en todo el país entre septiembre y octubre de 2014. La mecánica para la obtención de las encuestas, consistió en utilizar la infraestructura del INIFAP, el INIFAP tiene cobertura nacional de tal forma que en cada uno de los estados del país se cuenta con infraestructura y capital humano. Así, los pasos que se siguieron para aplicar la encuesta fueron:

Identificación a través de fuentes secundarias (publicaciones, páginas en internet) de aquellas instituciones a nivel estatal y nacional que realizan actividades de I+D+i en el sector agropecuario

Selección de una lista preliminar de instituciones para cada estado del país

Envío de la encuesta a un colaborador en cada estado del país

Cada colaborador estatal verifico y valido la lista de instituciones que realizaban investigación agropecuaria, incluyendo pesca, en su estado

Selección de la lista estatal final de instituciones a encuestar  
Aplicación de la encuesta

Envío de la encuesta al equipo central para su revisión y análisis

Elaboración de la base de datos en Excel de las instituciones encuestadas

La pregunta medular que dio forma y estructura a la red de financiamiento de los actores fue: ¿Mencione el nombre de las fuentes de financiamiento de la investigación que tuvo en el año 2013?

### Indicadores de redes sociales

Los datos para identificar las redes de conocimiento de las instituciones fueron capturados en una Excel y posteriormente exportados a Microsoft Bloc de Notas versión 6.1 empleando el protocolo *DL* y el formato *nodelist I*, ya que este formato permite capturar en forma de lista de nodos al entrevistado y sus respectivos vínculos relacionales (Rendón *et al.*, 2007). El fichero generado en el bloc de notas se exportó directamente al software NetDraw 2.097. Para el cálculo de los indicadores de redes sociales se usó el software Ucinet 6.288 con los procedimientos de Borgatti *et al.* (2002). Los gráficos e indicadores de cobertura se

Selecting a preliminary list of institutions in each state of the country

Shipment of the survey to a partner in each state

Each state partner verified and validated the list of institutions conducting agricultural research, including fishing, in their state

Selection of the final state list of institutions to be surveyed

Implementation of the survey

Shipping the survey to the central team for review and analysis

Development of the database in Excel of institutions surveyed

The main question that shaped and network structure of funding of actors was: ¿Did I mention the name of the sources of research funding that was in 2013?

### Social network indicators

Data to identify knowledge networks of institutions were captured in Excel and then exported to Microsoft Notepad version 6.1 using the *DL* protocol and *nodelist I* format as this format allows to capture as a list of nodes to respondent and their respective relational links (Rendon *et al.*, 2007). The file generated in notebook was exported directly to NetDraw 2.097 software. For the calculation of the indicator social network the Ucinet 6.288 software was used with Borgatti *et al.*, (2002) procedures. The graphics and coverage indicators were made using the Key Player 2 software (Borgatti and Dreyfus, 2003), which focuses on the identification and selection of relevant actors, characterized by receiving or sending information to most network actors. The indicators used for the analysis of social networks were: density, network size, degree centrality of entry and degree centrality of output, in addition to identify the level of coverage that a node may have within the network was used the diffuser node indicator. The mathematical formulation to obtain this indicator is as follows:

Network density: Number of relationships between those possible. Where  $L$  = number of relationships.  $n(n-1)$  = number of possible relationships (Borgatti *et al.*, 2002).

realizaron empleando el software Key Player 2 (Borgatti y Dreyfus, 2003), el cual se enfoca en la identificación y selección de actores relevantes, caracterizados por recibir o enviar información a la mayoría de los actores de la red. Los indicadores utilizados para el análisis de las redes sociales fueron: la densidad, tamaño de la red, grado de centralidad de entrada y grado de centralidad de salida, además para identificar el nivel de cobertura que un nodo pudiera tener dentro de la red se utilizó el indicador de actor difusor. La formulación matemática para la obtención de los indicadores se presenta a continuación:

Densidad de la red: Número de relaciones existentes entre aquellas posibles. Donde  $L$ = número de relaciones.  $n(n-1)$ = número de relaciones posibles (Borgatti *et al.*, 2002).

$$D=2L/(n(n-1))*100 \quad 1)$$

Tamaño: Donde  $T_n$  es el tamaño de la red individual del nodo  $n$ , y  $A_n$  son los actores directamente relacionados con el actor  $n$ . Un mayor tamaño de la red sugiere que los actores o nodos se encuentran mayormente conectados (Borgatti *et al.*, 2002).

$$T_n = \sum_{i=1}^n A_n \quad 2)$$

Para el análisis del presente estudio se utilizó el indicador de centralidad de grado: el grado es el número de puntos al cual el nodo es adyacente; es decir, con los cuáles tiene vínculos directos. Desde esta perspectiva la centralidad estaría definida por la capacidad potencial de comunicación que tienen los nodos. La centralidad de grado se calcula registrando la cantidad de vínculos que se dirigen a un actor o salen del mismo actor. Se calculan así:

$$d_i = \sum_j A_{ij} \quad 3)$$

La centralidad por grado se entiende como el número de vínculos del actor  $i$ . Se suele distinguir que ésta puede ser una centralidad de entrada (*InDegree*), referida a los vínculos que llegan al actor o la centralidad de salida (*outdegree*), contando solo los vínculos que salen del actor. Si un actor recibe muchos vínculos se puede interpretar que tiene un mayor "prestigio" pues los otros desean relacionarse con él. Si un actor tiene un alto grado de centralidad de salida, puede interpretarse que este actor tiende a tener una mayor "influencia", pues es capaz de intercambiar mejor con los otros o hacer coincidentes a los otros con sus intereses (Freeman, 2000; Williner *et al.*, 2012).

$$D=2L/(n(n-1))*100 \quad 1)$$

Size: Where  $T_n$  is the size of the individual network from node  $n$ , and  $A_n$  are the actors directly related with actor  $n$ . A larger network suggests that actors or nodes are mostly connected (Borgatti *et al.*, 2002).

$$T_n = \sum_{i=1}^n A_n \quad 2)$$

For the analysis of this study, the degree centrality indicator was used: the degree is the number of points to which the node is adjacent, that is, with which has direct links. From this perspective, centrality would be defined by the potential capability of communication that nodes have. Degree centrality is calculated by recording the amount of links that address to an actor or leaving from the same actor. Calculated as follows:

$$d_i = \sum_j A_{ij} \quad 3)$$

Degree centrality is defined as the number of links from actor  $i$ . Worth noting that this may be a centrality entry (*InDegree*), referred to the links that reach the actor or the centrality of output (*OutDegree*), counting only the links that leave the actor. If an actor receives many links can be interpreted that has a greater "prestige" as the others want to relate with him. If an actor has a high degree centrality of output, it can be interpreted that this actor tends to have a greater "influence" as it is capable of bargaining with others or make other to agree with his interests (Freeman, 2000; Williner *et al.*, 2012).

The identification and selection of stakeholders was performed with *keyplayer 2* software (Borgatti and Dreyfus, 2003), same that focuses on the identification of a group of nodes characterized by the ability to receive all kinds of information from most nodes of the network. The *diffuse* are the group of nodes in the actual position of sending information to most nodes. Other key player are the arrangers of the -disrupt- network; i.e. those nodes that in case of disappearing fragment the network (Borgatti, 2003). Diffuser actor: is calculated using the following algorithm. The letter  $R$  as abbreviation of reach used in the literature of networks. Considering that distance  $d_{ij}$  from the last node to any other node is  $l$ , and  $N$  is total nodes (Rendon *et al.*, 2007).

$$R = \frac{\sum_j \frac{1}{d_{ij}}}{N} \quad 4)$$

La identificación y selección de actores clave se realizó con el software *keyplayer 2* (Borgatti y Dreyfus, 2003), mismo que se enfoca en la identificación de un grupo de nodos caracterizados por la habilidad de recibir todo tipo de información de la mayoría de los nodos de la red. Los difusores *-diffuse-* son el grupo de nodos en la posición real de enviar información a la mayoría de los nodos. Otro tipo de actor clave son los estructuradores de la red *-disrupt-*; es decir, aquellos nodos que en caso de desaparecer ocasionan que la red se vea fragmentada (Borgatti, 2003). Actor difusor: se calcula empleando el siguiente algoritmo. Se emplea en la literatura de redes la letra *R* como abreviatura de alcance. Considerando que la distancia *d<sub>ij</sub>* del último nodo a cualquier otro nodo es *l*, y *N* es el total de nodos (Rendón *et al.*, 2007).

$$R = \frac{\sum_j \frac{1}{d_{ij}}}{N} \quad 4)$$

## Resultados y discusión

De acuerdo a varios autores (Hall *et al.*, 2001; Howells, 2006) para que el SIA funcione y aumente la capacidad de innovación en sectores agrícolas de los países en vías de desarrollo se necesita tener visiones compartidas, contar con vínculos y flujos de información bien establecidos entre los diferentes actores públicos y privados, disponer de incentivos institucionales propicios para aumentar la cooperación, además de un entorno de mercado, legislativo y político adecuado con capital humano bien desarrollado. En los siguientes apartados se analiza una parte de estas visiones, se estudian los vínculos y relaciones que existen en la red de financiamiento de las instituciones de enseñanza e investigación superior (IES), los centros públicos de investigación (CPI) y el sector privado (SP) como actores relevantes del SNIA en México.

### Red de financiamiento de las instituciones de enseñanza en investigación superior (IES)

Los enfoques de sistemas de innovación enfatizan que “las organizaciones e instituciones no innovan de manera aislada sino en el contexto de un sistema. Así, la idea central es que la esencia de un SNI que funciona bien radica en la existencia de una densa red de interacciones sistémicas entre los agentes” (Casas *et al.*, 2014). En este

## Results and discussion

According to several authors (Hall *et al.*, 2001; Howells, 2006) for SIA to function and increase the capacity for innovation in agricultural sectors from developing country needs to count with shared visions, links and information flows well established among different public and private actors, to count with self-institutional incentives to increase cooperation, in addition to proper market environment, legislative and policy with well-developed human capital. The following sections are analyzed some of these visions, linkages and relationships that exist in the financing network of higher education and research institutions (IES) are studied, public research centers (CPI) and the private sector (SP) as key actors from SNIA in Mexico.

### Financing network of higher education institutions (IES)

The approaches on innovation systems emphasize that "organizations and institutions do not innovate in isolation but in the context of a system. Thus, the central idea is that the essence of a SNI that works well is the existence of a dense network of systemic interactions among agents" (Casas *et al.*, 2014). In this sense, the analysis performed to the financing network of actors from the agricultural research system in Mexico shows a low density of interactions between the different agents that make up this system. The network density was 0.38% which means that there are few sources of funding at national level and therefore low SNIA articulation; i.e. few actors keep united the system.

Centrality entry and output quantifies the power exercised by an actor or actors within the network either as referrals or information seekers, the value of centrality entry 18.09% suggests that there is an actor or referred actors whose coverage relation is 18.09%, this centrality entry indicates that there are referred actors in the network with a certain concentration of power. Moreover, centrality output is low (2.15%) which refers to information seekers, this value suggests low prevalence of some actors and under the leadership of institutions, i.e., a large part or all institutions seek various funding sources separately and in a very low proportion together (Table 1).

The key actors identified (collector and diffuser) are important from the point of view of coverage, the first with a value of 20.65% indicates that three sources of funding CONACYT, Own resources, SAGARPA, are actors who have referred the institutions as main funders, these three

sentido, el análisis realizado a la red de financiamiento de los actores del sistema de investigación agropecuario en México muestra una baja densidad de interacciones entre los diversos agentes que constituyen este sistema. La densidad de la red fue de 0.38% lo cual implica que hay escasas fuentes de financiamiento a nivel nacional y por tanto una baja articulación del SNIA; es decir, pocos actores mantienen la unión del sistema.

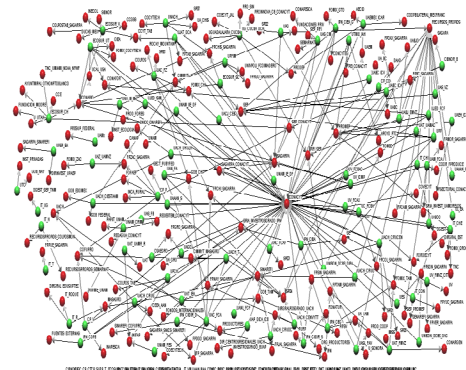
La centralización de entrada y de salida cuantifican el poder que ejerce un actor o actores dentro de la red ya sea como referidos o como buscadores de información, el valor de la centralización de entrada de 18.09% sugiere que existe un actor o actores referidos cuya cobertura de relación es del 18.09%, esta centralización de entrada indica que existen actores referidos en la red con cierta concentración de poder. Por otra parte, la centralización de salida es baja (2.15%) lo cual hace referencia a los buscadores de información, este valor sugiere baja preponderancia de algunos actores y bajo liderazgo de las instituciones, es decir, una gran parte o todas las instituciones buscan fuentes diversas de financiamiento por separado y en muy baja proporción en conjunto (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Indicadores de la red de financiamiento de las IES en México.**  
**Table 1. Indicators of financing network from IES in Mexico.**

Indicador	Valor
Nodos	278
Relaciones	293
Densidad	0.38%
Centralización de entrada	18.09%
Centralización de salida	2.15%
Colector	20.65%: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); Recursos propios, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
Difusor	5.07%: ECOSUR Chiapas; Instituto Politécnico Nacional- IPN- Ciencias Biológicas
Estructuradores	Valor Delta:0.001, CONACYT; Recursos propios; SAGARPA

Los actores clave identificados (colector y difusor) son importantes desde el punto de vista de la cobertura, el primero con un valor de 20.65% indica que tres fuentes de financiamiento CONACYT, Recursos propios, SAGARPA, son actores a los que han referido las instituciones como principales financiadoras, estas tres tienen la capacidad de concentrar cerca de 20% de las relaciones existentes entre los nodos de la red (Figura 1). El valor de 5.07% de los difusores sugiere que mediante los vínculos generados a través del financiamiento de proyectos, los actores ECOSUR Chiapas

have the ability to concentrate about 20% of the relationships between network nodes (Figure 1). The diffusers value of 5.07% suggests that through the links generated through project financing, the ECOSUR Chiapas and Biological Sciences from IPN actors are best suited to play a role as disseminators of information; however, their coverage is low, this is explained because many of the institutions go to funding sources individually and a very low percentage does it together in addition to few existing funding sources in Mexico.



● = actores encuestados (IES en México) ● = actores referenciados

**Figura 1. Red de Financiamiento de las IES en México.**  
**Figure 1. Financing Network from IES in Mexico.**

Network structure is defined as those actors or institutions that when disappear can fragment the network relations shown, as the network is very weak if any of the funding sources CONACYT, own resources and SAGARPA, stop financing research projects the network would fragment almost completely. The funding sources that act as arrangers correspond to the same actors identified as collectors, if these actors disappear from the network there would be no funding sources and also the network would fragment at 99.8%; i.e., there would not be links or

y Ciencias Biológicas del IPN son los más adecuados para poder jugar un rol de difusores de información; sin embargo, su cobertura es baja, esto se explica debido a que gran parte de las instituciones acude a las fuentes de financiamiento de manera individual y un porcentaje muy bajo lo hace de manera colectiva aunado a las escasas fuentes de financiamiento existentes en México.

La estructura de la red se entiende como aquellos actores o instituciones que al desaparecer se fragmentaría la red de relaciones mostrada, como la red es muy débil si alguna de las fuentes de financiamiento CONACYT, Recursos propios y SAGARPA, dejara de financiar proyectos de investigación la red se fragmentaría casi totalmente. Las fuentes de financiamiento que actúan como estructuradores corresponden a los mismos actores identificados como colectores, si estos actores desaparecieran de la red no habría fuentes de financiamiento y además la red se fragmentaría en 99.8%; es decir, no existirían vínculos ni una red de actores que tuviera relación entre sí para el desarrollo de investigación e innovación en el sector agropecuario de nuestro país.

Esta red sin ser una red con elevada concentración de poder es demasiado débil ya que solo tres actores o instituciones (financiadoras) son las que sostienen la estructura reticular del SNIA. Estudios recientes sobre el SNIA señalan que los esfuerzos por articular y detonar la innovación en el sector agropecuario no han sido congruentes con los objetivos y metas planteados, además presenta una diversidad de actores que incluye tanto a aquellos vinculados a la cadena productiva como a los actores gubernamentales, y marcos de política (Solleiro *et al.*, 2015).

### **Red de financiamiento de los centros públicos de investigación (CPI)**

La red de financiamiento de los centros públicos de investigación analizados muestra una red más extensa en comparación con la red de las instituciones de Enseñanza en Investigación Superior, cuenta con más actores involucrados debido a que cada uno de los centros busca socios financiadores a nivel local y regional. Los indicadores de red indican una densidad de 1.24% la cual es muy baja; sin embargo, al considerar que cada centro de investigación tiene cobertura regional y los financiadores también, no es posible que todos los centros se relacionen con todos los financiadores. La centralización de entrada y de salida es muy baja esto sugiere una concentración regional de algunos actores lo que no se percibe con el análisis nacional (Cuadro 2).

network of actors who had relation for the development of research and innovation in the agricultural sector of our country.

This network without being a network with a high concentration of power is too weak because only three actors or institutions (funding) are supporting the lattice structure from SNIA. Recent studies on SNIA indicate that efforts to articulate and detonate innovation in the agricultural sector have not been consistent with the objectives and goals set, it also presents a variety of actors that includes both those linked to the productive chain as government actors, and policy frameworks (Solleiro *et al.*, 2015).

### **Financing Network from public research centers (CPI)**

The financing network from public research centers analyzed shows a more extensive network compared to the network of higher education institutions in research, has more actors involved because each of the centers seek funding partners locally and at regional level. Network indicators indicate a density of 1.24% which is very low; however, considering that each research center has regional coverage and funders, it is not possible that all centers relate to all funders. Centrality entry and output is very low, this suggests a regional concentration of some actors which is not perceived with the national analysis (Table 2).

Research centers that for the amount of projects funded are presented as possible diffusers and in this case could have a coverage of 45.6% between research network actors are the regional research center CIR-CENTRO and Northwest CIR-NOROESTE, both from INIFAP. Research centers that act as support structure for research in higher amount of funds raised corresponds CIR-CENTRO and CIR-NOROESTE, if at some point these research centers ceased to receive funds the financing network would fragment 99.5% this percentage of fragmentation is a weakness for public centers analyzed as it shows the vulnerability (and in the same sense the importance of INIFAP) of the financing system from agricultural and forestry research in Mexico (Figure 2).

It is important to note that unlike IES, CPI whose primary mandate is research, originating to obtain a network with a large number of funding sources SAGARPA through Fundación Produce in each of the states, (SEP-CONACYT, SAGARPA-CONACYT, CIMMYT, PRONATURA, and CONAFOR, among others) at national level, with regions that have greater linkages and therefore major projects for the generation of innovations.



**Cuadro 2. Indicadores de la red de financiamiento de los CPI en México.**  
**Table 2. Indicators of financing network from CPI in Mexico.**

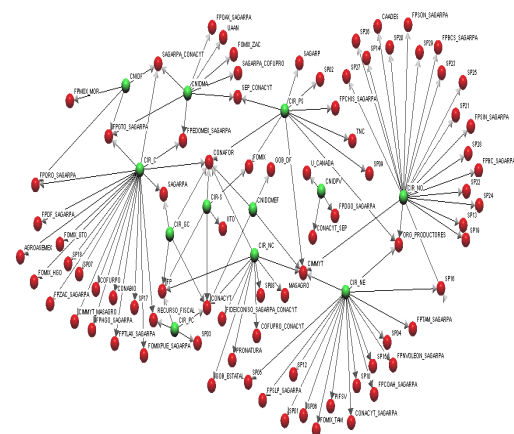
Indicador	Valor
Nodos	95
Relaciones	111
Densidad	1.24%
Centralización de entrada	5.19%
Centralización de salida	21.32%
Colector	8.6%, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
Difusor	45.6%: CIR- CENTRO, CIR- NOROESTE
Estructurador	Valor delta 0.005: CIR- CENTRO, CIR- NOROESTE

Los centros de investigación que por la cantidad de proyectos financiados se presentan como posibles difusores y que en su caso podrían tener una cobertura de 45.6% entre los actores de la red de investigación son el centro regional de investigación del centro CIR-CENTRO y Noroeste CIR-NOROESTE, ambos del INIFAP. Los centros de investigación que actúan como estructura de soporte de la investigación en materia de mayor cantidad de recursos captados corresponde CIR-CENTRO y CIR-NOROESTE, si en algún momento estos centros de investigación dejaran de captar recursos la red de financiamiento se fragmentaría 99.5%, dicho porcentaje de fragmentación representa una debilidad para los centros públicos analizados pues se muestra la vulnerabilidad (y en el mismo sentido la importancia que tienen el INIFAP) del sistema de financiamiento de la investigación agropecuaria y forestal en México (Figura 2).

Es relevante señalar que a diferencia de las IES, los CPI tienen como mandato principal la investigación, lo que origina la obtención de una red con gran cantidad de fuentes de financiamiento SAGARPA a través de las Fundaciones produce en cada uno de los estados, SEP-CONACYT, SAGARPA-CONACYT, CIMMYT, PRONATURA, CONAFOR, entre otras) a nivel nacional, con regiones que tienen mayores vínculos y por tanto mayores proyectos para la generación de innovaciones.

### Red de financiamiento de instituciones del sector privado (SP) que realizan investigación en el ámbito agropecuario en México

El sector privado representa un potencial en la generación de investigación, sin embargo es recurrente que los financiadores de proyectos de este actor sean prácticamente los mismos que financian la investigación pública. En



● = actores encuestados (CP en México) ● = actores referenciados

**Figura 2. Red de Financiamiento de los CPI en México.**

**Figure 2. Financing network from CPI in Mexico.**

### Financing network from private sector institutions (SP) conducting research in the agricultural sector in Mexico

The private sector represents a potential in generating research, however is recurrent that project funders of this actor are practically the same as public research funding. In the agrifood industry of Mexico, research results from private sector are virtually unknown to various users, or at least are not public the research products they get, which causes possibly to be private research funded with public funds. The density of private institutions that conduct research is only 4.40%, but also the number of institutions analyzed was low. Centrality both entry and output is low which means that there is no preponderance of private institutions in access to public financing (Table 3).

The actors that can act as information collectors and which are who fund the private sector are CONACYT and own resources, these concentrated 33.30% of the relations on

el sector agroalimentario de México los resultados de las investigaciones del sector privado prácticamente no son conocidos por los diversos usuarios, o por lo menos no son públicos los productos de investigación que obtienen, lo cual ocasiona que posiblemente sea financiada investigación privada con recursos públicos. La densidad de las instituciones privadas que realizan investigación es de apenas 4.4% pero además el número de instituciones analizadas fue bajo. La centralización tanto de entrada como de salida es baja lo cual implica que no hay preponderancia de instituciones privadas en el acceso al financiamiento público (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Indicadores de la red de financiamiento de Instituciones del SP en México.**  
**Table 3. Indicators of financing network from SP institutions in Mexico.**

Indicador	Valor
Nodos	20
Relaciones	17
Densidad	4.4%
Centralización de salida	11.9%
Centralización de entrada	11.9%
Colector	33.3%: CONACYT, recursos propios
Difusor	50%: TRIDEGEN S. A. de C. V., Inv. y des. aplicada de Ags.
Estructurador	0.034: recursos propios, Inv. y des. aplicada de Ags.

Los actores que pueden actuar como colectores de información y que son quienes financian al sector privado son CONACYT y recursos propios, estos concentran 33.30% de las relaciones de esta red. Los difusores que pueden llegar a 50% de los actores de la red son dos empresas privadas, las cuales toman de la misma forma el rol de estructuradores (Figura 3).

En concordancia con Dutrénit *et al.* (2010), el financiamiento del sector privado en el SNIA está prácticamente ausente. Los resultados obtenidos en el análisis de la red de financiamiento a instituciones de investigación privada en el ámbito agropecuario muestran un bajo nivel de articulación y vinculación de los actores en México. Estudios realizados a nivel nacional señalan que el Sistema Mexicano de Innovación (SMI) tiene dos características centrales en lo que a las interacciones se refiere (Dutrénit *et al.*, 2010 citado en Casas *et al.*, 2014), por un lado, el sector privado actúa como un agente aislado dentro del sistema, manteniendo relaciones casi exclusivamente con otras empresas del sector empresarial, con el Gobierno a través de la política macroeconómica y de acceso a incentivos y diversos fondos. Y en segundo lugar, la mayoría de las interacciones se dan entre instituciones públicas, particularmente entre

this network. Diffusers that can reach 50% of the actors in the network are two private companies, which take in the same way the role of arrangers (Figure 3).

In accordance with Dutrénit *et al.* (2010), the funding from private sector in SNIA is virtually absent. The results obtained in the analysis of the funding network to private research institutions in the agricultural sector show a low level of articulation and linkage of the actors in Mexico. Studies conducted at national level indicate that the Mexican Innovation System (SMI) has two main characteristics as

interactions refers (Dutrénit *et al.*, 2010 cited in Casas *et al.*, 2014), on one hand, the private sector acts as a isolated agent within the system, maintaining relationships almost exclusively with other companies in the business sector, with the Government through macroeconomic policy and access to incentives and to various funds. And secondly, most interactions occur between public institutions, particularly between CONACYT and Public IES, between CONACYT and CPI, and between public research centers-public research institutes. This study confirms what some authors (Casas *et al.*, 2014; Solleiro *et al.*, 2015) said: "the national innovation system in Mexico disarticulated".

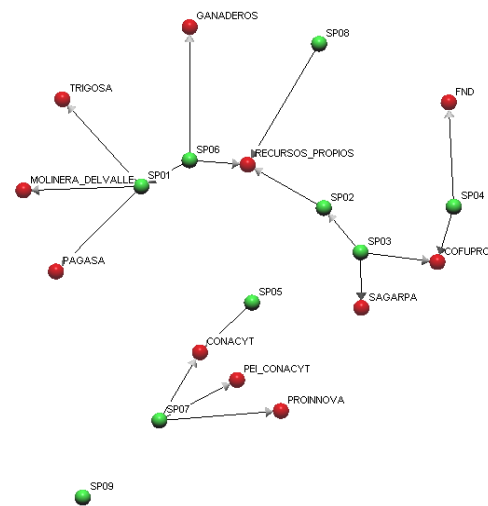
SNIA has a low density of links between its actors, this may contribute to what happens in reality: the existence of a low use of innovations by agricultural, livestock and forestry producers. So it requires greater efforts to increase density, but even more, to ensure that final beneficiaries use innovations that impact their production systems. One possible way is to support through SNIA greater validation processes and technology transfer, as Busse *et al.* (2015) says the validation process of innovation is a key to increase the use of these, as producers will only use those that are practical, simple and useful for their production processes.

el CONACYT y las IES Públicas, entre CONACYT y los CPI, y entre centros públicos de investigación-institutos de investigación públicos. El presente estudio confirma lo que algunos autores (Casas *et al.*, 2014; Solleiro *et al.*, 2015) señalan: “el sistema nacional de innovación en México esta desarticulado”.

El SNIA tiene una baja densidad de vínculos entre sus actores, lo anterior puede contribuir a lo que en la realidad sucede: la existencia de un bajo uso de innovaciones por parte de los productores agrícolas, pecuarios, forestales. Por lo que se requiere de mayores esfuerzos para incrementar la densidad, pero más aún, para lograr que los beneficiarios finales utilicen innovaciones que impacten sus sistemas de producción. Una posible vía es apoyar a través del SNIA mayores procesos de validación y transferencia de tecnología, ya que como señala Busse *et al.* (2015), el proceso de validación de las innovaciones es una etapa primordial para incrementar el uso de éstas, ya que los productores solo utilizaran aquellas que sean prácticas, simples y útiles para sus procesos productivos.

Por otro lado, es importante identificar lo que algunos autores llaman intermediarios de la innovación (Howells, 2006) para poder generar vínculos que favorezcan el desarrollo e incremento de proyectos de investigación y desarrollo que generen innovaciones útiles para el sector primario en México. Un sistema de innovación con vínculos débiles entre los actores que lo integran demanda el fortalecimiento de las organizaciones intermediarias en la creación de un entorno institucional que propicie los vínculos y las interacciones necesarias con el fin de construir redes dinámicas dentro y entre los proyectos de investigación e innovación (Klerkx *et al.*, 2009a); en este sentido, la cooperación entre diferentes tipos de actores es visto como clave para el éxito en la generación y adopción de innovación (Howells, 2006; World Bank 2007, Klerx *et al.*, 2009b).

El análisis realizado en el presente estudio muestran que la densidad de la red de financiamiento del Sistema Nacional de Investigación Agropecuario en México es bajo; 0.38% (IES), 1.24% (CPI) y 4.4% (SP), lo cual implica que hay escasa relación y vínculos entre los actores, y además, y quizás más importante: la red de financiamiento de la investigación agropecuario en México esta soportada fundamentalmente por el sector gubernamental: CONACYT y SAGARPA, con una participación muy pequeña de empresas privadas.



● = actores encuestados (SP en México) ● = actores referenciados

**Figura 3. Red de financiamiento del SP en México.**  
**Figure 3. Financing network of SP in Mexico.**

On the other hand, it is important to identify what some authors call innovation intermediaries (Howells, 2006) to generate links that favor the development and increased research and development projects that generate useful innovations for the primary sector in Mexico. An innovation system with weak links between actors that integrate them demand strengthening of intermediary organizations in creating an institutional environment that promotes links and interactions required in order to build dynamic networks within and between research projects and innovation (Klerkx *et al.*, 2009a); in this regard, cooperation between different types of actors is seen as key to success in the generation and adoption of innovation (Howells, 2006; World Bank 2007; Klerx *et al.*, 2009b).

The analysis conducted in this study show that the density of the funding network from the National Agricultural Research System in Mexico is low; 0.38% (IES), 1.24% (CPI) and 4.4% (SP), which implies that there is little relationship and linkages between actors, and also, and perhaps most importantly: the financing network of agricultural research in Mexico is mainly supported by the governmental sector: CONACYT and SAGARPA, with very little participation from private companies.

## Conclusions

The financing network analysis of the actors who make up the National Agricultural Research System in Mexico indicates that the density is low, 0.38% for educational

## Conclusiones

El análisis de la red de financiamiento de los actores que integran el Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria en México indica que la densidad es baja, 0.38% para las instituciones de enseñanza, 1.24% para los centros públicos de investigación y 4.4% para el sector privado. Por lo cual se presentan pocos vínculos y relaciones entre los agentes que integran la red. Los agentes relevantes para la creación de vínculos, son actores gubernamentales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y la Secretaría de Educación Pública. La participación del sector privado es limitada y los recursos propios o autogenerados de las instituciones son un factor clave que permite el financiamiento de proyectos de investigación.

La naturaleza y especificidad de este estudio sobre las fuentes de financiamiento de la investigación agropecuaria permite identificar que el arreglo organizacional e institucional de los fondos competidos debe ordenarse en tres niveles: el nacional, el regional y el estatal, así como fortalecer las competencias entre los investigadores para lograr acceder a estos recursos, esto con el propósito de hacer más eficientes los recursos públicos y que se transformen y lleguen a los territorios y usuarios finales de la investigación. La investigación muestra que en el acceso a los fondos de financiamiento participan tanto instituciones públicas como privadas de corte nacional y estatal; sin embargo, existe una baja contribución del sector privado al financiamiento público de la investigación, lo cual sugiere un financiamiento de investigaciones privadas con recursos públicos. Existe una baja densidad entre los nodos del sistema, por lo que el estudio de la red de financiamiento muestra un bajo nivel de articulación y vinculación de los actores públicos y privados relacionados con la investigación agropecuaria en México.

## Agradecimientos

Al Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) y al proyecto de investigación del INIFAP: Indicadores de ciencia y tecnología agrícola para México (ASTI). No SIGI: 1011-1732-668 del cual se originó el presente artículo.

institutions, 1.24% for public research centers and 4.4% for private sector. Therefore few links and relationships between agents that make up the network are present. Key agents for creating links, are governmental actors such as the National Council of Science and Technology, the Ministry of Agriculture, Rural Development, Fisheries and Food and the Ministry of Education. The participation of the private sector is limited and self-generated or own resources from institutions are a key factor that allows the financing of research projects.

The nature and specificity of this study on funding sources for agricultural research allows to identify the organizational and institutional arrangement of competitive funds must be sorted into three levels: national, regional and state, as well as strengthening the competitiveness between researchers to gain access to these resources, this in order to streamline public resources and to be transformed and reach territories and end users of the research. Research shows that access to financing funds participate both public and private institutions of national and state court; however, there is a low contribution from private sector to public funding of research, which suggests funding of private research with public funds. There is a low density between nodes in the system, so that the study of financing network shows a low level of articulation and linkage from public and private actors involved with agricultural research in Mexico.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Anlló, G.; Bisang, R.; Verardi, V.; Erbes A. y Stubrin L. 2010. Los problemas de medir innovación en las actividades primarias: dilema a resolver en los países de la región. [http://www.rieyt.org/biblioteca-sp-1864514149/doc\\_view/142-los-problemas-de-medir-innovacion-en-las-actividades-primarias-dilema-a-resolver-en-los-paises-de-la-region](http://www.rieyt.org/biblioteca-sp-1864514149/doc_view/142-los-problemas-de-medir-innovacion-en-las-actividades-primarias-dilema-a-resolver-en-los-paises-de-la-region).
- Borgatti, S. P.; Everett, M. G. and Freeman, L. C. 2002. Ucinet for Windows: software for social network analysis. Analytic technologies. Harvard, MA., USA. 47 p.
- Borgatti, S. P. and Dreyfus, D. 2003. Keyplayer: naval research software. Analytic technologies. Harvard, MA., USA. <http://www.analytictech.com/products.htm>.
- Busse, M.; Schwertner, W.; Doernberg, A.; König, B. and Bokelmann, W. 2015. Analysis of animal monitoring technologies in Germany from an innovation system perspective. *Agric. Sys.* 138:55-65.

- Casas, R.; De Fuentes, C.; Torres, A. y Vera C. O. A. 2014. Estrategias y gobernanza del sistema nacional de innovación mexicano: retos para un desarrollo incluyente. En sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo. La experiencia Latinoamericana. Editoras Gabriela Dutrénit, y Judith Sutz. [http://foroconsultivo.org.mx/libros\\_editados/sistema\\_de\\_innovacion.pdf](http://foroconsultivo.org.mx/libros_editados/sistema_de_innovacion.pdf).
- Dutrénit, G.; Capdevielle, M.; Corona, A. J. M.; Puchet, A. M.; Santiago, F. y Vera, C. O. A. 2010. El sistema nacional de innovación mexicano. Instituciones, políticas, desempeño y desafíos, México-Uruguay: UAM/Textual. 296 p.
- Ekboir, J.; Espinosa, G. J. A.; Espinoza, A. J. J.; Moctezuma, L. G. y Tapia, N. A. 2003. Análisis del sistema mexicano de investigación agropecuaria. México, D. F., CIMMYT. 41 p.
- Freeman, C. 1995. The national system of innovation in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics* 19: 5-24.
- Freeman, C. L. 2000. La centralidad en las redes sociales. *Clarificación conceptual. Política y Sociedad* 33:131-148.
- Hall, A. J.; Sivamohan, M. V. K.; Clark, N. G.; Taylor, S. and Bockett, G. 2001. Why research partnerships really matter: innovation theory, institutional arrangements and implications for developing new technology for the poor. *World Development*. 29(5):783-797.
- Hartwich, F. and Jansen G. 2007. El rol gubernamental en el proceso de innovación agropecuaria. La experiencia de Bolivia. <http://cdm15738.contentdm.oclc.org/utis/getfile/collection/p15738coll2/id/125288/filename/125289.pdf>.
- Howells, J. 2006. Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research policy*, 35(5):715-728.
- Klerkx, L and Cees, L. 2009a. Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting Social Change*. 76:849-860.
- Klerkx, L.; Hall, A. and Leeuwis, C. 2009b. Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer? *Int. J. Agric. Res. Gov. Ecol.* 8(5-6):409-438.
- Lundvall, B. A. 1992. National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning. London Printer. 342 p.
- Molero, Z. J. y Corona, T. L. 2008. Los retos de la innovación en México y España. Barcelona, España. Editorial Akal. 320 p.
- Niosi, J.; Bertrand, B.; Savitti, P. y Crow M. 1993. Les systèmes nationaux d'innovation: é la recherche d'un concept utilisable. *revue française d'économie*, hiver 1992; *Problèmes Économiques* No. 2. 311 p.
- Rendón, M. R.; Aguilar, J. A.; Muñoz, M. R. y Altamirano, J. R. C. 2007. Identificación de actores clave para la gestión de la innovación: El uso de redes sociales. UACH-CIESTAAM-PIAI. 56 p.
- Solleiro, R.; J. L.; Aguilar, A. J.; Sánchez, A. J. y Gabriela L. 2015. Configuración del sistema de innovación del sector agroalimentario mexicano. *Rev. Mex. Agron.* 19(36):1254-1264.
- Williner, A.; Sandoval, C. y Pérez, J. 2012. Redes y pactos sociales territoriales en América Latina y el Caribe: Sugerencias metodológicas para su construcción. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7244/S1200584\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7244/S1200584_es.pdf?sequence=1). 66 p.
- World Bank. 2007. Enhancing agricultural innovation: how to go beyond the strengthening of research systems. Washington, DC: World Bank. ©World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7184> License: CC BY 3.0 IGO.