



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

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

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL

**REDES TERRITORIALES DE INNOVACIÓN:
EL CASO DEL MAÍZ EN COLOMBIA**

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL

Presenta:

JENNIFER VALERIA SUÁREZ RINCÓN

Bajo la supervisión de: ROBERTO RENDÓN MEDEL, DOCTOR



APROBADA



Chapingo, Estado de México, noviembre de 2021

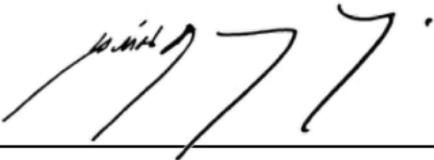
**REDES TERRITORIALES DE INNOVACIÓN:
EL CASO DEL MAÍZ EN COLOMBIA**

Tesis elaborada por Jennifer Valeria Suárez Rincón, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL

DIRECTOR: 

DR. ROBERTO RENDÓN MEDEL

ASESOR: 

DR. CÉSAR ADRIÁN RAMÍREZ MIRANDA

ASESOR: 

DR. FERNANDO CERVANTES ESCOTO

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Objetivos, preguntas de investigación e hipótesis	4
1.2.1. Objetivos de la investigación.....	4
1.2.2. Preguntas de investigación	5
1.2.3. Hipótesis	5
1.3. Contenido del documento de tesis	6
2. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	8
2.1. Una aproximación a la conceptualización de innovación.....	8
2.2. Enfoque sistémico de la innovación	9
2.3. Análisis Estructural-Funcional del sistema de innovación	11
2.4. Redes de Innovación	16
2.5. Relación entre innovación y territorio.....	19
2.6. Análisis de Redes Sociales	22
2.7. Factores relacionados con la adopción	23
2.8. Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia.....	30
3. MARCO REFERENCIAL	37
3.1. Panorama internacional del maíz	37
3.2. Panorama nacional del maíz	39
3.2.1. Demanda	39
3.2.2. Producción	43
3.2.3. Rendimiento.....	46

3.3.	Panorama regional del maíz.....	48
4.	METODOLOGÍA.....	50
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
5.1.	Sistema Nacional de Innovación del maíz.....	58
5.1.1.	Dominio de Instituciones de enlace.....	58
5.1.2.	Dominio de Investigación y educación	63
5.1.3.	Dominio de Demanda	67
5.1.4.	Dominio de Empresas.....	70
5.2.	Sistema Regional de Innovación del maíz.....	73
5.2.1.	Caracterización de los productores y de su unidad de producción .	73
5.2.2.	Dinámica de Innovación.....	76
5.2.3.	Análisis de las Redes de Innovación.....	87
5.2.4.	Esquematización de la Estructura del Sistema	96
5.3.	Sistema Local de Innovación del maíz	101
5.3.1.	Factores asociados a la conducta innovadora de los productores	101
	Influencia de atributos del productor y de su unidad de producción en la	
	adopción de innovaciones.....	106
5.3.2.	Fuentes de información para la innovación.....	108
5.3.3.	Análisis de las Redes de Innovación.....	109
	Red Técnica	109
	Red de Venta	111
	Red de Proveeduría	113
5.3.4.	Estrategia de Gestión de la innovación.....	115
6.	CONCLUSIONES	121
7.	LITERATURA CITADA	125
8.	APÉNDICES	142

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de las funciones del sistema de innovación.....	14
Cuadro 2. Definiciones desde varios autores de las redes de innovación.	17
Cuadro 3. Relación de Estudios que han buscado explicar los factores determinantes en la adopción de innovaciones rurales.	27
Cuadro 4. Evolución de la dimensión regional de las políticas de CTI en Colombia.	31
Cuadro 5. Panorama de producción de cereales más importantes del mundo.	37
Cuadro 6. Panorama mundial de producción de maíz por regiones.	38
Cuadro 7. Panorama mundial de importaciones y exportaciones de maíz grano.	41
Cuadro 8. Importaciones de maíz amarillo y blanco de Colombia por país de origen.....	42
Cuadro 9. Comparación de rendimiento promedio de maíz de diferentes países con respecto a Colombia.	46
Cuadro 10. Información productiva de los departamentos focalizados para la investigación en Colombia para 2018.	49
Cuadro 11. Número de productores encuestados en las zonas focalizadas para la investigación.	51
Cuadro 12. Catálogo de innovaciones o buenas prácticas tecnológicas utilizado en la investigación.	53
Cuadro 13. Definición de variables de la investigación.....	54
Cuadro 14. Actores del dominio de Instituciones de enlace y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.	60
Cuadro 15. Actores del dominio de Investigación y educación y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.	65

Cuadro 16. Actores del dominio de Demanda y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.	69
Cuadro 17. Actores del dominio de Empresas y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.	71
Cuadro 18. Estadísticos descriptivos de las características del productor y de la unidad de producción por departamento.	74
Cuadro 19. Promedios de las variables escalares relacionadas con las características del productor y de la unidad de producción por departamento.	75
Cuadro 20. Promedios de las variables categóricas relacionadas con las características de la unidad de producción por departamento.....	76
Cuadro 21. Comparativo del Índice de Adopción de Innovaciones (INAI) entre departamentos analizados.....	77
Cuadro 22. Comparativo de la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI) y Fuente de información principal entre departamentos analizados.	79
Cuadro 23. Características de las innovaciones analizadas para el cultivo del maíz.....	83
Cuadro 24. Número de actores identificados para cada categoría en la Red de innovación (técnica y comercial) por departamento.....	87
Cuadro 25. Indicadores de la Red de Innovación (técnica y comercial) por departamento.....	88
Cuadro 26. Centralidad de grado de Actores clave de la Red de Innovación (técnica y comercial) en Córdoba.	90
Cuadro 27. Centralidad de grado de Actores clave de la Red de Innovación (técnica y comercial) en Meta.	92
Cuadro 28. Centralidad de grado de Actores clave de la Red de Innovación (técnica y comercial) en Tolima.	94
Cuadro 29. Identificación de Actores Clave Fuente de la Red de Innovación (técnica y comercial) por departamento analizado.....	95

Cuadro 30. Estadísticos descriptivos de los grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).	101
Cuadro 31. Análisis de variables escalares por grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).....	102
Cuadro 32. Relación entre variables categóricas de la unidad de producción y los grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).....	104
Cuadro 33. Análisis de Redes Sociales por grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).	106
Cuadro 34. Parámetros estimados para el modelo econométrico de regresión lineal múltiple que explica el comportamiento del nivel de innovación en Tolima (Colombia).	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del documento de la tesis denominada Redes territoriales de innovación: El caso del maíz en Colombia.	7
Figura 2. Elementos del Sistema de Innovación Agrícola.	13
Figura 3. Demanda de maíz en Colombia en el periodo 1961-2017, incluyendo importaciones y producción nacional.	40
Figura 4. Demanda de maíz blanco y amarillo en Colombia en el periodo 2008-2018.	41
Figura 5. Producción por tipo y sistema de producción de maíz en Colombia en el periodo 2012-2018.	44
Figura 6. Histórico de producción de maíz tecnificado y tradicional en Colombia en el periodo 1970-2018.	45
Figura 7. Superficie total de maíz cultivada en sistema tecnificado y tradicional en Colombia en el periodo 1970-2018.	46
Figura 8. Rendimiento de maíz según sistema de producción en Colombia en el periodo 1990-2018.	47
Figura 9. Rendimiento promedio de departamentos productores de maíz amarillo tecnificado en Colombia para 2018.	48
Figura 10. Departamentos focalizados para el Análisis del Sistema Regional de Innovación del maíz.	51
Figura 11. Red de innovación (técnica y comercial) de los productores de maíz en Córdoba.	89
Figura 12. Red de innovación (técnica y comercial) de los productores de maíz en Meta.	91
Figura 13. Red de innovación (técnica y comercial) de los productores de maíz en Tolima.	93

Figura 14. Estructura del Sistema de Innovación del maíz en los departamentos analizados en Colombia.....	98
Figura 15. Fuentes de Información utilizadas en las UPA que introdujeron alguna innovación para los departamentos de Meta, Córdoba y Tolima.	100
Figura 16. Fuentes de información de productores de maíz en Tolima (Colombia) para cada una de las innovaciones.....	109
Figura 17. Red Técnica de los productores de maíz en Tolima (Colombia). ..	110
Figura 18. Red de Venta de los productores de maíz en Tolima (Colombia)..	112
Figura 19. Razones para selección de cliente de los productores de maíz en Tolima (Colombia).....	113
Figura 20. Red de Proveeduría de los productores de maíz en Tolima (Colombia).	114
Figura 21. Razones para selección de Proveedor de Insumos de los productores de maíz en Tolima (Colombia).	115
Figura 22. Red entre productores de maíz en Tolima (Colombia) con indicación del color según su nivel de innovación.	117
Figura 23. Prospectiva de la Red de innovación entre productores de maíz en Tolima (Colombia) a partir de la estrategia de gestión.....	118
Figura 24. Estructura del Sistema Local de Innovación del maíz en Tolima (Colombia).	120

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de Congruencia de la Investigación.	142
Apéndice 2. Instrumento Aplicado a Productores de maíz en Colombia.	145

ABREVIATURAS USADAS

ADR	Agencia de Desarrollo Rural
AGROSAVIA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ARS	Análisis de Redes Sociales
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CA	Centro de Acopio, Comercial y/o Agroindustria
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales y Desarrollo Sostenible
CF	Cliente Final
CI	Cliente Intermediario
CIESTAAM	Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DIAN	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EPSAGROS	Empresas Prestadoras de Servicios de Asistencia Técnica Agropecuaria
EPSEA	Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria
ER	Empresa Rural
FAM	Familiar
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FARC	Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia
FENALCE	Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya
FINAGRO	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FM	Funciones Múltiples
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IE	Instituto de Enseña e Investigación
IG	Institución Gubernamental
IGI	Índice Global de Innovación
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INAI	Índice de Adopción de Innovaciones
INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos

MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MinAmbiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCiencias	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia
MinComercio	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OGM	Organismo Genéticamente Modificado
ONG's	Organizaciones no Gubernamentales
OR	Organización de Productores
PE	Proveedor de Equipo
PECTIA	Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano
PI	Proveedor de Insumos
PIB	Producto Interno Bruto
PSP	Proveedor de Servicios Profesionales
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SNIA	Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria
SSATA	Subsistema Nacional de Asistencia Técnica Agropecuaria
STI	Sistemas Territoriales de Innovación
TAI	Tasa de Adopción de Innovaciones
TLC	Tratado de Libre Comercio
UACH	Universidad Autónoma Chapingo
UMATA	Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria
UPA	Unidades de Producción Agropecuaria
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

DEDICATORIAS

A Dios, por guiar mi camino y ponerme siempre en el lugar y con las personas correctas.

A las tres mujeres de mi vida, porque todos mis logros son por y para ustedes. Gracias por su paciencia, comprensión, motivación, amor y todo lo que ha implicado apoyar mis decisiones y los retos que me he propuesto.

Mi gratitud a todas las personas que estuvieron acompañándome en esta etapa, que aunque cargada de múltiples sacrificios y altibajos, me ratificó lo afortunada que soy de tenerlos en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Director Dr. Roberto Rendón Medel, por cada espacio de enriquecimiento profesional y personal; en los que generosamente compartió sus conocimientos, experiencias y lecciones de vida. Sin duda, fue todo un honor contar con su orientación, acompañamiento y dedicación en este proceso formativo.

Al Dr. César Adrián Ramírez Miranda, por toda su motivación, confianza y disposición, porque ha sido partícipe de mi evolución como profesional.

A mi asesor, el Dr. Fernando Cervantes Escoto por su calidad humana, criterio, respeto y compromiso.

Un reconocimiento especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por esta valiosa oportunidad y el apoyo financiero recibido para la realización de esta Maestría.

Gracias al Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo, a los profesores, personal relacionado a éste y demás mexicanos que me acogieron en su país.

Finalmente, al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y a la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (FENALCE) por la información suministrada para desarrollar parte de esta investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Jennifer Valeria Suárez Rincón nació el 30 de enero de 1992 en Soatá, Boyacá. Se graduó como Ingeniera Agrónoma por la Universidad Nacional de Colombia generación 2009-2015 con el mejor Promedio Académico, ocupando el primer puesto entre 52 graduados. Su trabajo de investigación para obtener el grado se denominó *Aporte de las redes de conocimiento para el desarrollo territorial rural: Caso Red de Gestión Territorial para el Desarrollo Rural de México*. Realizó una estancia de investigación y docencia en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México. En 2015 Coordinó el Proyecto Centro de Pensamiento en Desarrollo Rural de la Universidad Nacional de Colombia. De 2016 a 2019 estuvo vinculada a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO Colombia. En agosto de 2019 ingresó a la Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial de la Universidad Autónoma Chapingo y socializó sus avances de investigación en diferentes espacios de Colombia y México, como en el IV Congreso Internacional de Extensión Rural y IV Encuentro Nacional de Extensión Rural y el V Congreso y X Seminario Internacional sobre Producción Animal y Desarrollo Rural Sustentable. Es integrante del Grupo de Investigación en Gestión y Desarrollo Rural y de la Red Internacional de Procesos Participativos, Género y Desarrollo Territorial. Entre sus últimas publicaciones se destacan: i) Rol de las universidades en el Sistema Nacional de Innovación mexicano, ii) Construcción, dinámicas y análisis estructural de una red de conocimiento para la gestión territorial en México, y iii) Las redes de conocimiento para la gestión territorial: El caso de la Red GTD.

RESUMEN GENERAL

Redes territoriales de innovación: El caso del maíz en Colombia*

El Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria en Colombia fue creado en 2017, y estableció dentro de sus objetivos promover la conformación de redes de innovación para la gestión del conocimiento en función de los sistemas territoriales de innovación. Este marco normativo vigente, constituye un avance histórico para la innovación rural, a partir del cual se han estructurado diferentes ejercicios de planificación estratégica como el Plan de Ordenamiento Productivo para la cadena de maíz 2020-2030, con el cual se busca dinamizar las agendas de investigación, desarrollo e innovación. En línea con lo anterior, la presente investigación tiene como propósito analizar el sistema de innovación del maíz a escala nacional, regional y local, en el que se abordan los siguientes puntos: i) Identificación de la estructura actual, ii) Dinámica de la innovación de los productores de maíz y iii) Propuesta con elementos para la gestión del sistema de innovación. Se utilizó como herramienta metodológica el Análisis de Redes Sociales, el cual se complementó con uno de tipo estadístico descriptivo y multivariado. Los resultados indican que el sistema de innovación del maíz está conformado por redes entre diversos tipos de actores, con una interacción inferior al 1 % de todas las relaciones posibles y nodos que concentran la mayoría de estos vínculos. Este desbalance entre los dominios del sistema condiciona el alcance de los productores para obtener e intercambiar conocimiento y demás recursos. De esta forma, se plantea una estrategia de gestión de la innovación orientada a mejorar la interacción entre los actores que ya hacen parte del sistema, principalmente entre productores, e integrar a otros actores que desempeñan actividades clave para que el sistema de innovación funcione correctamente, pero que en la actualidad no participan en los procesos de innovación del maíz.

Palabras clave: redes de innovación, sistema de innovación, maíz, análisis de redes sociales.

*Tesis de Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial
Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Jennifer Valeria Suárez Rincón
Director de Tesis: Roberto Rendón Medel

GENERAL ABSTRACT

Territorial innovation networks: The case of maize in Colombia*

The National Agricultural Innovation System in Colombia was created in 2017 and established within its objectives to promote the creation of innovation networks for knowledge management based on territorial innovation systems. This current regulatory framework constitutes a historical advance for rural innovation, from which different strategic planning exercises have been structured, such as the Productive Management Plan for the maize chain 2020-2030, with which it seeks to dynamise the agendas of research, development, and innovation. In line with the above, the present research aims to analyse the maize innovation system at a national, regional, and local scale, in which the following points are addressed: i) Identification of the current structure, ii) Dynamics of the innovation of maize producers and iii) Proposal with elements for the management of the innovation system. Social Network Analysis was used as a methodological tool, which was complemented with a descriptive and multivariate statistical one. The results indicate that the maize innovation system is made up of networks between various types of actors, with an interaction of less than 1 % of all possible relationships and nodes that concentrate most of these links. This imbalance between the domains of the system determines the scope of producers to obtain and exchange knowledge and other resources. In this way, an innovation management strategy is proposed with the aim to improve the interaction between the actors that are already part of the system, mainly between producers, and integrate other actors who carry out key activities so that the innovation system works correctly but that currently do not participate in the innovation processes of maize.

Keywords: innovation networks, innovation system, corn/maize, social network analysis.

* Master of Science thesis in the Agribusiness Strategy Programme
Universidad Autónoma Chapingo
Author: Jennifer Valeria Suárez Rincón
Advisor: Roberto Rendón Medel

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios de extensión rural en América Latina han adoptado diferentes enfoques a través de los años; desde el esquema convencional de transferencia tecnológica sustentada en una relación lineal, unidireccional y de subordinación entre el profesional técnico y el productor, hasta el surgimiento de una nueva visión sistémica que reconoce los saberes y la experiencia de los productores, para favorecer el empoderamiento y la autogestión de las comunidades a través de una relación bidireccional, horizontal y de acompañamiento extensionista-productor (Landini, 2016; Rendón-Medel et al., 2015; Rodríguez-Espinosa et al., 2016; Schaller, 2006).

En Colombia, el inicio del siglo XXI marca una diferencia para el desarrollo rural, al introducirse distintos marcos teóricos como la extensión agroecológica, las redes de innovación y la gestión del conocimiento. Es en el 2012 con la creación del Subsistema Nacional de Asistencia Técnica Agropecuaria (SSATA) en el que se presentan los cambios más significativos para la prestación del servicio de extensión en Colombia, como un intento para promover la articulación institucional. Posteriormente, en el 2017 se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), que estableció dentro de sus objetivos promover la conformación de redes de innovación para la gestión del conocimiento en función de los sistemas territoriales de innovación (STI) (República de Colombia, 2017).

Este marco normativo vigente para la gestión de la innovación y la conformación de redes, constituye un avance histórico para el sector rural en Colombia, al poner de protagonistas a los productores como actores que, al interactuar a nivel local, facilitan los flujos de conocimiento, información y demás recursos, que pueden derivar en un entorno de innovación (Roldán et al., 2018).

En particular, basados en este esquema de redes de innovación, se enmarca la estrategia de uno de los objetivos propuestos en el Plan de Ordenamiento Productivo para la cadena de maíz 2020-2030, a través del cual se busca dinamizar las agendas de investigación, desarrollo e innovación; la transferencia de tecnologías, capacitación y el extensionismo, y por ende alcanzar la visión de aumentar la producción de maíz para satisfacer la creciente demanda nacional y de forma simultánea garantizar la seguridad alimentaria (UPRA, 2020a; UPRA, 2020b).

De esta forma, la presente investigación se plantea con el fin de brindar insumos que faciliten la implementación de este y otros ejercicios de planificación estratégica para la cadena de maíz en Colombia. Para ello, se realizó un análisis del sistema de innovación del maíz en su escala nacional, regional y local, en el que se abordaron los siguientes puntos: i) Identificación de su estructura actual, ii) Dinámica de la innovación de los productores de maíz y iii) Propuesta de una estrategia de gestión de la innovación para el maíz en Colombia.

1.1. Planteamiento del Problema

En los últimos años se han generado diferentes evidencias del aporte que tiene al desarrollo rural, la gestión de la innovación a través de redes. De ahí que, desde hace más de una década se ha utilizado este enfoque en investigaciones que buscan generar competitividad a través de la mejora en los procesos de extensionismo e innovación rural (Aguilar-Gallegos et al., 2016; Díaz-José et al., 2013; Gómez-Carretero et al., 2016; Muñoz-Rodríguez et al., 2007).

Para el Gobierno de Colombia, las redes de innovación son definidas como:

“el conjunto de actores que interactúan a través del intercambio de conocimientos con el fin de compartir información, conceptos, aplicaciones, metodologías, experiencias y prácticas de trabajo” (República de Colombia, 2017, p. 3).

Así, las redes tienen varias dimensiones: i) Pueden ser vistas desde una perspectiva económica de optimización de recursos, al permitir focalizar actores con los que se obtiene la máxima cobertura por unidad invertida, ii) Pueden identificar los puentes a desarrollar para favorecer los flujos de información y conocimiento, iii) Pueden emplearse tanto para el fomento de estructuras de empoderamiento como para identificar elementos que llevan a la desintegración social y iv) Desde una óptica institucional, las redes evidencian duplicidades y complementariedades potenciales para el desarrollo de sus acciones hacia una población determinada (Rendón-Medel & Aguilar-Ávila, 2013).

La visión de red permite reconocer a la innovación como un proceso social en el cual la interacción forma parte del proceso mismo de innovar (Garrido-Rubiano et al., 2016). Las economías más avanzadas desde el punto de vista tecnológico están firmemente basadas en el conocimiento, por lo que en la actualidad el conocimiento es desarrollo (Muñoz-Rodríguez et al., 2004). En este sentido, la utilización del sistema de innovación agrícola ha sido reconocido entre los investigadores y responsables de decisiones de política pública como una herramienta prometedora para comprender y fortalecer los procesos de innovación, difusión del conocimiento y transformación de los sectores agrícola y

agroalimentario (Lamprinopoulou et al., 2014), al permitir el reconocimiento de múltiples actores involucrados, que interactúan e influyen en la creación y acceso al conocimiento, así como el fomento del aprendizaje (Rajalahti et al., 2008).

Así, es necesario identificar a todos los actores involucrados y los vínculos entre éstos para contribuir a mejorar el desempeño del sistema de innovación. Además, el introducir el concepto de redes al análisis de la innovación, permite replantear las estrategias que actualmente realizan los actores del sistema, evaluando la importancia de catalizar las interacciones de los diferentes actores (Muñoz-Rodríguez et al., 2004).

En particular, en el Plan de Ordenamiento Productivo para la cadena de maíz 2020-2030 se estableció el desarrollo de una estrategia de redes de acompañamiento técnico con base en el diagnóstico y categorización productiva regional, en el marco del objetivo estratégico de dinamización de las agendas de investigación, desarrollo e innovación, transferencia de tecnologías, capacitación y extensionismo, y del eje estructural de productividad con el que se pretende cerrar la brecha entre producción y demanda (UPRA, 2020a; UPRA, 2020b). Con ello se hace necesario identificar elementos clave que contribuyan al diseño e implementación del plan de acción y de las estrategias de intervención necesarias para cumplir con este propósito.

1.2. Objetivos, preguntas de investigación e hipótesis

1.2.1. Objetivos de la investigación

Teniendo en cuenta el problema planteado, los objetivos que se pretenden abordar con esta investigación son:

1. Identificar la estructura actual del sistema de innovación del maíz en Colombia.
2. Analizar la dinámica de innovación y los factores asociados a la conducta innovadora de los productores de maíz en Colombia.

3. Proponer una estrategia de gestión de la innovación para el maíz en Colombia.

1.2.2. Preguntas de investigación

Con base en cada uno de los objetivos, se procedió a plantear las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es la estructura actual del sistema de innovación del maíz en Colombia?
2. ¿Cuáles son los factores que se relacionan con la adopción de innovaciones por parte de los productores de maíz en Colombia?
3. ¿Qué elementos deben considerarse para la gestión del sistema de innovación del maíz en Colombia?

1.2.3. Hipótesis

Teniendo en cuenta los avances teóricos que sustentan esta investigación, las hipótesis planteadas son las siguientes:

H1. El sistema de innovación del maíz está conformado por múltiples y complejas relaciones entre diversos tipos de actores, por lo que su estructura favorece o condiciona el alcance de los productores de maíz para obtener e intercambiar información, conocimiento y demás recursos.

H2. Los procesos de innovación dependen tanto de las características del productor y de la unidad de producción, como de las interacciones que se establezcan dentro del sistema.

H3. La estrategia de gestión de la innovación debe estar orientada hacia dos escenarios: i) Mejorar el flujo de recursos entre los actores que ya hacen parte del sistema e ii) Integrar a los actores que desempeñan actividades clave para que el sistema de innovación funcione correctamente, pero que en la actualidad no participan en los procesos de innovación del maíz.

De esta manera, con la información anterior se procedió a estructurar la Matriz de Congruencia (Apéndice 1).

1.3. Contenido del documento de tesis

El presente documento consta de ocho capítulos (Figura 1). En el capítulo introductorio se presenta un breve contexto del entorno que propició el tema de la investigación, teniendo en cuenta el marco normativo que existe en la actualidad para la gestión de la innovación y la conformación de redes en Colombia, en la que además se aborda el planteamiento del problema, para con ello, precisar los objetivos, preguntas de investigación e hipótesis de la investigación. En el capítulo 2 y 3 se desarrollan los ejes teórico-conceptuales que rigen la investigación y el panorama internacional, nacional y regional de la producción de maíz.

Con respecto a los resultados de la investigación, estos se dividieron en tres apartados, en los cuales se aborda el sistema de innovación del maíz para cada una de las escalas analizadas: nacional, regional y local.

Finalmente, se plantean algunas conclusiones de lo encontrado en la investigación, y se presenta la literatura utilizada y los apéndices.



Figura 1. Estructura del documento de la tesis denominada Redes territoriales de innovación: El caso del maíz en Colombia.

Fuente: Elaboración propia.

2. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1. Una aproximación a la conceptualización de innovación

La innovación ha sido reconocida como un motor para el crecimiento económico de empresas, regiones y países; de ahí la apuesta por mejorar los entornos de innovación y la competitividad, como impulso a aquellas regiones que ya cuentan con ventajas instaladas (Burgos & Bocco, 2020). No obstante, este término tan referido y emblemático, no tiene una definición explícita y concertada, incluso en su constante evolución son múltiples los adjetivos que le han acompañado, para ejemplificar, dentro de los más recientes se destacan los de innovación social, innovación frugal, innovación responsable, innovación inclusiva e innovación holística (Yin et al., 2019).

Con el fin de avanzar en la aproximación del concepto de innovación, frecuentemente se recurre al Manual de Oslo como guía internacional, el cual en su última edición la define como:

“Una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de los mismos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad –o actor responsable de las innovaciones– y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso)” (OCDE, 2018; p. 20).

En el contexto rural, la innovación es el resultado de una forma diferente de pensar, de resolver las cosas; por lo que no solo está relacionada con el aumento de la producción, sino involucra acciones para mejorar el acceso a la información, crear oportunidades de empleo, apoyar el desarrollo del emprendimiento rural (Singh & Bhowmik, 2015), contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional y a la gestión sostenible de los recursos naturales (Kamruzzaman et al., 2021).

De esta manera, diversos investigadores han avanzado en una amplia gama de enfoques para la innovación agrícola; que van desde la perspectiva tradicional lineal en el que los nuevos productos y procesos son transferidos de los sistemas de investigación y/o educación a los productores, hasta enfoques como el de Sistemas de Información y Conocimiento Agrícola (*Agricultural Knowledge and Innovation Systems-AKIS*) y el de Sistemas de Innovación Agrícola (*Agricultural Innovation Systems-AIS*); que surgieron en paralelo, pero en donde el marco AKIS evolucionó desde la perspectiva de la extensión, mientras que el del AIS lo hizo desde la investigación. Por lo que, se reconoce que el enfoque de Sistemas de Innovación Agrícola amplía el alcance de los analistas sobre las complejas interacciones que surgen entre una multitud de actores y subsistemas que caracterizan la innovación (Klerkx et al., 2012).

2.2. Enfoque sistémico de la innovación

Desde el enfoque sistémico se reconoce a la innovación como un proceso complejo, co-evolutivo e interactivo, es decir, una combinación de cambios tecnológicos, sociales, económicos e institucionales, en el que la producción y el intercambio de conocimiento (técnico) no son los únicos requisitos previos para la innovación, sino que están implícitos varios factores adicionales como política, legislación, infraestructura, financiación y evolución del mercado (Klerkx et al., 2012). Varios autores coinciden con esta perspectiva sistémica y definen la innovación como:

“La innovación agrícola es un proceso complejo y dinámico, que involucra a múltiples actores ubicados dentro de diversos contextos organizacionales, institucionales y sociales. Dentro del marco de los sistemas de innovación agrícola, la innovación es el proceso y el resultado de poner cualquier información en uso económico, ambiental o social, incluida la integración de información nueva y existente” (Eidt et al., 2020; p. 1).

“La innovación agrícola evoluciona como resultado de las interacciones entre diferentes actores, como los sistemas agrícolas, las cadenas de suministro y los sistemas económicos, los entornos de políticas, los sistemas de extensión y sociales, lo que refleja la idea de los Sistemas de Innovación Agrícola” (Läpple et al., 2015; p. 2).

“La innovación rural es el resultado de la acción colectiva y depende de la estructura social donde operan los innovadores” (Singh & Bhowmik, 2015; p. 808).

En suma, la innovación es el resultado de los sistemas de innovación agrícola (Klerkx et al., 2012), el cual puede ser entendido como una red de múltiples agentes (organizaciones, empresas e individuos) enfocados en dar un uso social y económico a nuevos productos, procesos y formas de organización, e instituciones y políticas que afectan su comportamiento y desempeño (Banco Mundial, 2008).

La noción de sistemas de innovación ha sido abordada por investigadores de diversas disciplinas y países, así como por diferentes agencias de cooperación internacional para múltiples propósitos; lo que ha contribuido a la evolución del concepto desde su planteamiento clásico de finales de los años ochenta, utilizado para estudiar las innovaciones tecnológicas en la industria y el desarrollo de la economía del conocimiento (Touzard et al., 2015).

Así, desde Christopher Freeman, autor intelectual del concepto, han surgido diferentes términos asociados, cada uno con sus propias particularidades según el nivel de análisis: sistema nacional de innovación (Freeman, 1987 citado en Freeman, 1995; Lundvall, 1992 citado en Lundvall, 2016; Nelson, 1993; List, 1997; Chaminade et al., 2009), sistema regional de innovación (Cooke, 1992, Cooke et al., 1998, 2003; Asheim & Isaksen, 1997; Asheim et al., 2011), sistema local de innovación (Muscio, 2006; Yoguel & Lopez, 2000), sistema de innovación tecnológica (Carlsson et al., 2002; Hekkert et al., 2007; Bergek et al., 2008), sistema sectorial/industrial de innovación (Malerba, 2002, 2004), sistema de innovación empresarial (Granstrand, 2000; Sigurdson & Cheng, 2001; Chen et al., 2015; Chen et al., 2020), sistema de innovación urbano (Van Winden et al., 2014; Wong et al., 2018; Cooke et al., 2002), sistema de innovación rural (Yin et al., 2019), triple hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000; Garner & Ternouth, 2011), plataformas de innovación (Nederlof et al., 2011; Pali & Swaans, 2013; Kilelu et al., 2013; Schut et al., 2016), ecosistema de innovación (Russell &

Smorodinskaya, 2018; Granstrand & Holgersson, 2020), cuádruple hélice (Carayannis & Campbell, 2009), quíntuple hélice (Carayannis & Campbell, 2010) y sistema de innovación multinivel (Carayannis & Campbell, 2017).

En este contexto, Kashani y Roshani (2019) realizaron un estudio en el que analizaron la evolución de la literatura en relación con los sistemas de innovación, con el fin de delinear las tendencias conceptuales durante los últimos 30 años, encontrando que después del establecimiento del sistema nacional de innovación como marco principal con sus obras clásicas publicadas entre 1997 a 2002, las características geográficas de la innovación emergieron como una rama principal durante el período 2002-2007 con los trabajos referentes a los sistemas regionales de innovación, mientras que los de sistemas de innovación tecnológica se desarrollaron como una segunda vertiente de 2007 a 2012. Además, el período posterior a 2012 fue testigo del surgimiento de conceptos emergentes como el de sistema de innovación agrícola, que se centran en sectores específicos, como la agricultura (Kashani & Roshani, 2019).

2.3. Análisis Estructural-Funcional del sistema de innovación

Por otro lado, para identificar y clasificar a los actores de un sistema de innovación, frecuentemente se utiliza la tipología propuesta por Arnold y Bell (2001), la cual se basa en cuatro grandes categorías o dominios. Así, en el dominio de *Empresas* se encuentran los productores y demás actores de la cadena de suministro, como proveedores de insumos, genética y maquinaria, y agentes minoristas que suelen producir conocimiento tácito. El dominio de *Investigación y Educación* incluye a actores institucionales nacionales e internacionales de investigación agrícola formal y/o con programas de formación, como universidades y centros que producen investigación básica o aplicada y conocimiento esencialmente codificado (Banco Mundial, 2008; Rajalahti et al., 2008; Lamprinopoulou et al., 2014).

Por su parte, el dominio de *Instituciones de enlace* –denominado también como intermediario– considera a los proveedores de servicios profesionales, las

empresas consultoras, las organizaciones no gubernamentales (ONG's), agremiaciones y organizaciones de productores, servicios de extensión y empresas privadas, es decir, actores que no necesariamente tienen que estar involucrados en la creación de conocimiento o en su uso, pero desempeñan el rol de catalizadores de la innovación y facilitan el acceso y flujo de conocimiento. Por último, el dominio de la *demanda* (indirecta) involucra a los consumidores, grupos de interés social, comercializadores y agencias de formulación de política, quienes aun cuando están más distantes en influir, la intervención de la innovación les impacta directa e indirectamente, y por ende tienen una demanda por el conocimiento e información que se produce en el sistema (Banco Mundial, 2008; Rajalahti et al., 2008; Lamprinopoulou et al., 2014).

La Figura 2 esquematiza los principales elementos de un Sistema de Innovación: i. Sus cuatro dominios (Demanda, Investigación y Educación, Instituciones de enlace y Empresas), ii. Los vínculos entre éstos y iii) Las instituciones y políticas que constituyen el entorno favorable para la innovación (Rajalahti et al., 2008).

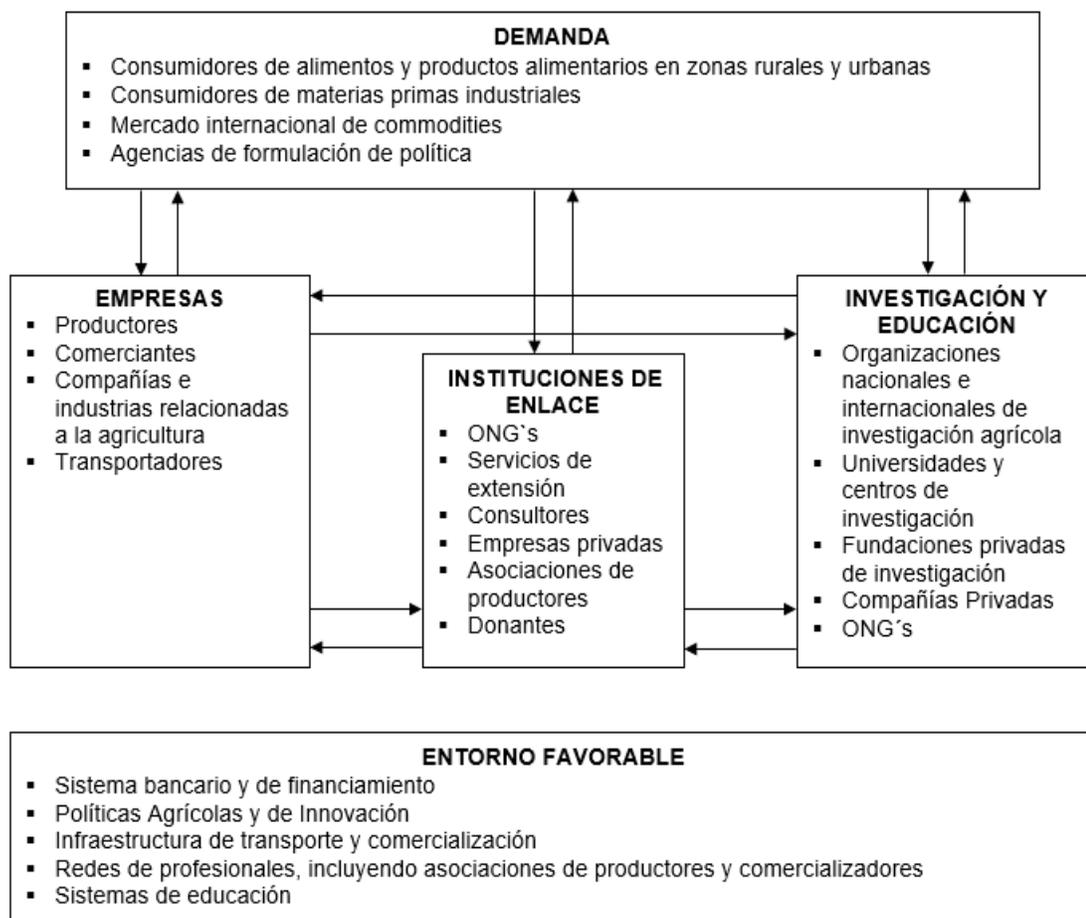


Figura 2. Elementos del Sistema de Innovación Agrícola.

Fuente: Banco Mundial (2008) y Rajalahti *et al.* (2008).

Además de contemplar la identificación de los actores, el análisis estructural comprende el relacionamiento formal e informal entre éstos. Es importante enfocar el análisis en la forma en la que se están dando los flujos de conocimiento e innovación, puesto que como lo reporta el Banco Mundial (2008), la innovación depende tanto del desempeño de la interacción entre actores, como del de los propios individuos:

“Ciertas características del sistema –como enlaces más fuertes entre actores– tienen la posibilidad de mejorar el desempeño. Los flujos de conocimiento e información que se encuentran en el corazón de un sistema de innovación son multidireccionales. Abren la oportunidad para desarrollar circuitos de retroalimentación que estimulan la construcción de competencias, el aprendizaje y la adaptación. Con frecuencia, los tipos adecuados de actores están ausentes o no interactúan en formas que

apoyen el proceso de innovación. El concepto de sistemas de innovación ayuda a revelar por qué estas interacciones pueden no estar presentes y qué puede hacerse para solucionar este problema” (Banco Mundial, 2008; pp. 16-17).

No obstante, para complementar este tipo de análisis han surgido otros enfoques relacionados con identificar qué tipo de actividades fomentan o dificultan la innovación, es decir orientados a cómo funcionan los sistemas de innovación, teniendo en cuenta que el proceso de cambio es el resultado de muchas actividades interrelacionadas (Hekkert et al., 2007).

En los estudios de este tipo, las actividades que contribuyen al objetivo principal de los sistemas de innovación se denominan funciones y se han establecido siete como las más relevantes: i) Actividades empresariales y de fomento al emprendimiento, ii) Desarrollo de conocimiento, iii) Difusión del conocimiento a través de redes, iv) Orientación de la búsqueda, v) Formación de mercado, vi) Movilización de recursos y vii) Creación de legitimidad (Hekkert et al., 2007). A continuación, en el Cuadro 1 se describen cada una de las funciones del sistema de innovación.

Cuadro 1. Descripción de las funciones del sistema de innovación.

Función	Descripción
F1. Actividades empresariales y de fomento al emprendimiento	En esta función se reconoce el papel clave de los emprendedores, los cuales son esenciales para que un sistema de innovación funcione correctamente, al transformar el potencial de nuevos conocimientos, redes y mercados en acciones específicas para generar oportunidades de negocio o agregación de valor.
F2. Desarrollo de conocimiento	Los mecanismos de aprendizaje están en el centro de cualquier proceso de innovación. La capacidad de desarrollar nuevos conocimientos y por ende promover la innovación, la tienen tanto las instituciones formales como los centros de investigación y universidades, y demás actores involucrados como productores, agroindustria, proveedores, entre otros.

F3. Difusión del conocimiento a través de redes	Las redes y demás plataformas son claves para facilitar, promover y escalar el intercambio de conocimiento e innovación. De esta manera, la actividad de la red puede considerarse como una condición previa para aprender interactuando.
F4. Orientación de la búsqueda	Dado que los recursos son limitados, es importante que, cuando existan diversas opciones tecnológicas, se seleccionen focos específicos para futuras inversiones. La función de selección puede ser cumplida por una variedad de agentes del sistema como la industria, el gobierno o el mercado, por ejemplo, a través de las llamadas agendas de innovación en las que se establecen prioridades para (sub) sectores completos a nivel nacional o regional.
F5. Formación de mercado	Es importante crear un espacio protegido para las nuevas tecnologías, ya que con frecuencia tienen dificultades para competir con las preexistentes. De ahí, que esta función implica el desarrollo de mercados o nichos específicos para nuevos productos o productos existentes con nuevas características.
F6. Movilización de recursos	Se necesitan diferentes inversiones, no solo de tipo financiero, para el desarrollo de las funciones del sistema de innovación.
F7. Creación de legitimidad	El surgimiento de una nueva tecnología con frecuencia conduce a la resistencia de los actores establecidos. Por ello, el apoyo político y/o institucional puede contrarrestar la resistencia al cambio y puede influir en la agenda de innovación, presionando para obtener recursos y marcos normativos favorables para promover la innovación.

Fuente: Elaboración propia a partir de Hermans *et al.* (2019), Turner *et al.* (2016) y Hekkert *et al.* (2007).

Desde la perspectiva funcional, para que un sistema de innovación funcione correctamente, se deben realizar varias actividades dentro del sistema. Las siete funciones del sistema de innovación no son independientes entre sí, interactúan, de ahí que la forma en que se cumple una función determina que se puedan cumplir otras funciones (Hermans *et al.*, 2019). En este sentido, para evaluar el desempeño del sistema se analiza si todas las funciones se están realizando o no (Hekkert *et al.*, 2007).

2.4. Redes de Innovación

La noción de redes de innovación suele verse ensombrecida por la evolución del concepto de sistema de innovación, especialmente cuando se les conceptualiza a estas redes de manera amplia como procesos de interacción entre actores heterogéneos, que producen innovaciones a cualquier nivel de agregación (regional, nacional, o mundial). Esencialmente, los procesos de interacción entre actores diversos se producen en los sistemas de innovación, aunque desde este enfoque, la principal preocupación es la capacidad o los elementos necesarios para que la empresa innové. Desde el punto de vista de las políticas públicas, los sistemas de innovación abordan los procesos de innovación de manera genérica y hasta qué punto esto afecta al desarrollo económico de un país, región, sector o conjunto de actores enfocados en una tecnología, producto o aplicación específica. A diferencia de los sistemas de innovación, las redes de innovación no son sistemas con elementos interdependientes definidos a priori; sino que constituyen estructuras sociales autoorganizadas que se crean en una situación inestable porque los actores involucrados no han podido definir el problema de innovación o su solución (Pellegrin et al., 2010).

Al respecto, Hamdouch y Depret (2009) precisan que hay dos corrientes en las investigaciones frente a la articulación de los sistemas territoriales de innovación (STI) y las redes; para algunos autores –bajo la perspectiva orientada al mercado– los STI pueden ser considerados como simples redes de actores, más o menos localizados en uno, y a veces en varios territorios, en el que las redes (como una forma de organización específica de la innovación) a menudo se presentan como bastante informales y sin ninguna consideración social, informativa o cognitiva real. Por su parte, otras investigaciones, en particular en el campo de la sociología económica, tienden a mostrar la importancia del capital social, entendiendo los STI como una red (*webs*) de redes sociales que comprenden diversos actores de la innovación que interactúan (o co-evolucionan) en el marco de relaciones ocasionales o regulares, tanto inter como

intra organizacionales, y que contribuyen al desempeño de actividades en un área en particular (Hamdouch & Depret, 2009).

En este sentido, al resumir la idea sistémica de la innovación, las redes establecidas a través de la interacción de los diversos actores en los sistemas de innovación constituyen lo que se puede definir como redes de innovación. El fundamento teórico de las redes de innovación se remonta a la década de 1980 (Pellegrin et al., 2010), y a partir de allí han surgido diferentes definiciones, entre las cuales se destacan las presentadas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Definiciones desde varios autores de las redes de innovación.

Definición	Autores
Grupo de individuos y/u organizaciones que se encuentran relacionadas en actividades o intereses comunes, que se reflejan en flujos de información y de bienes; los principales componentes de dichas redes son: los nodos, las relaciones y los flujos, cuyo análisis posibilita comprender cómo está integrado un sistema producto, el grado en que la red se encuentra organizada y los indicadores básicos que permiten fortalecer la competitividad de un sistema producto.	Muñoz-Rodríguez <i>et al.</i> (2004)
Conjunto de relaciones formales e informales entre actores que presentan una cierta estabilidad, en las que se intercambian los conocimientos necesarios para la generación de innovaciones, en el marco de unas normas de coordinación o gobernanza y de unas relaciones de poder.	Gallego-Bono (2016)
Grupo diverso de actores que voluntariamente contribuyen con conocimientos y otros recursos (como dinero, equipos y tierra) para desarrollar o mejorar conjuntamente un proceso o producto –social o económico–.	Banco Mundial (2012) citado por Kamruzzaman <i>et al.</i> (2021)
Grupos o ‘clubes’ de actores económicos que, conscientes de la naturaleza colectiva de este proceso, cooperan estratégicamente compartiendo conocimientos, capacidades técnicas y oportunidades de aprendizaje. Pueden ser vistos como instituciones/cooperativas diseñadas para aumentar la apropiabilidad de los beneficios de la innovación tecnológica y reducir el carácter de bien público del conocimiento.	Pittaluga <i>et al.</i> (2008)

Conjunto de actores que interactúan a través del intercambio de conocimientos con el fin de compartir información, conceptos, aplicaciones, metodologías, experiencias y prácticas de trabajo.

República de
Colombia (2017)

Fuente: Elaboración propia a partir de autores citados.

De esta manera, a partir de las definiciones anteriores y de los planteamientos de la masa crítica en el tema, se pueden extraer las siguientes características de las redes de innovación:

- Los actores conforman redes con el fin de suplir las carencias que presentan a nivel individual.

“Dado que los individuos y las organizaciones no suelen poseer todas las capacidades y recursos necesarios, se integran en redes con otros actores que pueden contribuir con los recursos y la experiencia de los que carecen. Por lo tanto, un proceso de innovación exitoso está determinado por la medida en que las redes reúnen suficiente variación en capacidades y recursos de diversos agentes” (Spielman et al., 2009; p. 401).

“Una fuerte motivación para la formación de redes de innovación tiene que ver con la complejidad de la base de conocimiento requerida para innovar, la cual hace que sea extremadamente difícil crear el conocimiento necesario dentro de los límites de una sola empresa. Una red sirve como un *locus* (lugar para la innovación) porque proporciona acceso oportuno a conocimientos y recursos que de otro modo no estarían disponibles” (Pellegrin et al., 2010; p. 24).

“Una red puede servir de *locus* para la innovación porque, para cualquier miembro de la red, puede proporcionar acceso oportuno a conocimientos y recursos externos que de otro modo no están disponibles, al tiempo que pone a prueba los conocimientos especializados internos y las capacidades de aprendizaje” (Vonortas, 2009; p. 28).

“Al establecer estas redes, las organizaciones buscan integrar varias instituciones con capacidades complementarias, permitiendo el desarrollo de la innovación de forma cooperativa” (Vieira et al., 2021; p. 3).

- La diversidad (de actores, relaciones, recursos, contextos) es una característica clave para un proceso de innovación exitoso.

“Un proceso de innovación eficaz se evalúa en función de la medida en que las redes de innovación pueden acumular diversidad de recursos y

capacidades de los diferentes tipos de actores. La diversidad mejora el flujo de información e ideas nuevas y diferentes a las redes, y aumenta la capacidad de innovación de los actores” (Kamruzzaman et al., 2021; p. 3).

“La particularidad de las redes de innovación radica en el proceso de generación de conocimiento, que se produce a través de la interacción de sus agentes. Al establecer estas redes, las organizaciones buscan integrar varias instituciones con capacidades complementarias, permitiendo el desarrollo de la innovación de manera cooperativa. La diferenciación, la interdependencia y la flexibilidad se encuentran entre los factores determinantes en el establecimiento de redes de innovación” (Vieira et al., 2021; p. 3).

En definitiva, la conformación de redes de innovación es un campo novedoso que puede favorecer las dinámicas de innovación, y la construcción de nuevo conocimiento, lo cual demanda elementos cualitativos que a su vez son propiedades emergentes de las redes, como la confianza entre los actores, el aprendizaje activo de la red y la reciprocidad entre sus miembros (Goulet et al., 2019).

2.5. Relación entre innovación y territorio

La importancia de la proximidad (cognitiva, organizacional, institucional, social, y geográfica) en los procesos de innovación ha sido discutida ampliamente en la literatura (Audouin et al., 2018; Caravaca et al., 2005; Díaz, 2010; Chaparro, 2003; Méndez, 2002). Así, al analizar la relación entre innovación y territorio, y por ende la existencia de los sistemas territoriales de innovación es necesario abordar el rol del conocimiento tácito y el aprendizaje colectivo como factores diferenciadores y competitivos de las regiones (Carrasco, 2003).

En particular, Tovar *et al.* (2015) precisa algunos elementos que han impulsado la premisa de que el conocimiento y la innovación tienen atributos locales, de arraigo o adherencia al territorio.

- La proximidad es necesaria para la transmisión de conocimientos.

“...una parte importante del conocimiento tiene carácter tácito y no es codificable. Para Lundvall, la transmisión del conocimiento tácito depende del capital humano, de la interacción y convivencia de las personas entre las que se transmite el conocimiento, que compartan códigos y formas

comunes a determinados contextos, como el idioma, las normas, identidades; todo lo anterior genera confianza para que pueda tener lugar el proceso de transmisión” (Tovar et al., 2015; p. 245).

- La innovación es una construcción social, el resultado de un proceso interactivo de aprendizaje entre múltiples actores que requiere comunicación y colaboración.

“...la comunicación y la colaboración requieren proximidad entre agentes, más fácil de conseguir a nivel regional que a nivel nacional” (Tovar et al., 2015; p. 245).

Es por ello, que el conocimiento tácito ha sido reconocido como un factor clave para la actividad innovadora; su transmisión a través de la interacción entre personas con características comunes permite a su vez la mutua comprensión y construcción de lazos de confianza, que facilita el flujo local de conocimiento (Carrasco, 2003).

Por su parte, el territorio históricamente ha sido definido de múltiples maneras; desde ser reconocido por la dimensión geográfica como una unidad administrativa regional hasta como un recurso económico independiente. Así, el territorio es un sistema de relaciones de proximidad localizadas que constituyen el capital relacional o social de un espacio geográfico particular (Audouin et al., 2018). De esta forma, cada territorio posee una capacidad diferente para propiciar, gestar, producir o incorporar innovaciones en función de múltiples factores relacionados entre sí (Chaparro, 2003).

En este sentido, un territorio innovador se caracteriza por: i) Incorporación de mejoras en los diferentes procesos de su cadena de valor y en los productos que ofrecen, ii) Creación de un clima social, hacia la movilización y concertación de los actores locales buscando su inserción exterior, y en el que el territorio deja de ser concebido como simple objeto para convertirse en sujeto colectivo, que cuenta con un sistema de actores que lo anima y puede pensar y actuar en su nombre, iii) Existencia de redes locales de cooperación –formales o informales–,

para realizar proyectos comunes con objetivos económicos, sociales, culturales y que en algunos casos pueden concertarse para impulsar de forma directa diferentes formas de innovación, iv) Presencia de la institucionalidad con un rol protagonista en la promoción de la innovación y el desarrollo territorial, mediante la generación de iniciativas propias, negociación de acuerdos con otras instancias y el fomento de la participación de la sociedad civil en los procesos de información y decisión, y v) Adecuada adaptación de la oferta formativa a las demandas locales (Méndez, 2002).

Los estudios empíricos realizados bajo la perspectiva territorial se han incrementado en los últimos años, al comprender que la innovación no solo depende de factores internos a la propia firma y relacionados con su organización (innovación empresarial/empresa innovadora) –tal como se afirmaba desde inicios de los años setenta por las visiones económicas de corte neoschumpeteriano–, sino que es un proceso de aprendizaje colectivo que es promovido por la existencia de un medio o entorno territorial (económico, social, cultural, etc.) con características específicas, dando paso a la incorporación de diferentes categorías conceptuales, como las de territorios inteligentes, entornos innovadores, innovación social, regiones de aprendizaje, territorios con proyecto, territorios que piensan su futuro, y núcleo de conocimiento (Méndez, 2002; Caravaca et al., 2005).

Es así, como diferentes agencias de cooperación internacional (OCDE, BID, Banco Mundial e IICA) han recomendado utilizar el marco de análisis regional/local para explicar la competitividad de los territorios (Rendón-Medel & Aguilar-Ávila, 2013). Las investigaciones sobre sistemas regionales de innovación proponen una visión integrada de los procesos innovadores, en los cuales participan diversos actores que van desde los que producen conocimiento y lo transmiten, hasta quienes lo utilizan, junto a una serie de instituciones e infraestructuras que regulan ese flujo, lo cual permite la elaboración de diagnósticos sobre la estructura del sistema de innovación existente en cada territorio (Méndez, 2006).

2.6. Análisis de Redes Sociales

Dentro de los métodos utilizados para el análisis de los sistemas de innovación, frecuentemente se recurre a estudios de caso descriptivos, en el que se detalla de manera cualitativa la dinámica *ex post* de alguna innovación tecnológica o institucional. No obstante, existen diferentes herramientas metodológicas que pueden complementar este tipo de análisis, con el fin de aportar mayor credibilidad al estudio de los sistemas de innovación en la agricultura a través de métodos sistemáticos, robustos y replicables, dentro de los que se destacan: historias de innovación, análisis de sistemas y redes, y aplicaciones empíricas de la teoría de juegos (Spielman et al., 2009).

En este sentido, el Análisis de Redes Sociales (ARS) ha sido una herramienta prometedora, utilizada en múltiples estudios de innovación a nivel mundial (Beseler et al., 2021; Lam et al., 2021; Vieira et al., 2021; Claasen & Lemke, 2019; Sartas et al., 2018; Reed & Hickey, 2016; Gómez-Carretero et al., 2016; Aguilar-Gallegos et al., 2016; Rendón-Medel & Aguilar-Ávila, 2013; Zarazúa et al., 2012; Avendaño-Ruiz et al., 2017; Gamboa et al., 2010; Marín & Berkes, 2010; Rendón-Medel et al., 2007) y con creciente aplicación en Colombia (Ordóñez-Matamoros et al., 2021; Centeno, 2021; Ramírez-Gómez et al., 2020; Orozco et al., 2019; Molano & Polo, 2015; Douthwaite et al., 2006). Este tipo de análisis provee una visión crítica de las relaciones entre múltiples actores, al combinar datos relacionales con herramientas y conceptos matemáticos de la teoría de sistemas, la teoría de grafos y la teoría de la complejidad (Spielman et al., 2009).

Así, en el ARS se definen las relaciones como vínculos, los actores como nodos y las características de los actores como atributos (Prell, 2011 citado por Lam et al., 2021), por lo que el análisis ofrece un medio tanto para caracterizar, medir y graficar las interacciones entre los actores, como para analizar cómo la información y los recursos se mueven entre ellos y cómo se estructuran los roles y se dan los cambios en esas relaciones (Spielman et al., 2011; Spielman et al., 2009). De esta manera, proporciona información tanto a nivel individual (qué tan central es un actor en una red), nivel diádico (microestructuras de grupos de

actores en una red), y a nivel de la red (características de la red completa) (Lam et al., 2021). Aunado a esto, es posible valorar el desempeño de todos los actores, no solo de los productores entrevistados; lo cual genera elementos para responder al qué hacer, cómo hacerlo y con quién hacerlo en una estrategia de gestión de la innovación (Rendón-Medel et al., 2007).

2.7. Factores relacionados con la adopción

Diversos investigadores han profundizado en los factores que influyen o se relacionan con la adopción de innovaciones por parte de los agricultores en diferentes sistemas productivos; centrándose la mayoría de los casos en las características sociodemográficas del productor, para intentar explicar los determinantes de la adopción de tecnología agrícola a través de una relación de causalidad, de dependencia o una asociación entre variables con significancia estadística (Suárez et al., 2021). Para ello, dentro de los métodos de análisis utilizados se destacan diferentes modelos de regresión (*logit*, *probit*, *tobit*, entre otros), procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios, coeficientes de correlación, pruebas de chi-cuadrado o comparación de medias.

En consecuencia, se reportan múltiples artículos de investigación y de revisión que abordan este tema, específicamente en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles o de conservación (Knowler & Bradshaw, 2007; Pannell et al., 2014; Liu et al., 2018; Tama et al., 2021; Foguesatto & Machado, 2021), tecnologías para la agricultura de precisión (Kolady et al., 2021; Tey & Brindal, 2012; Pierpaoli et al., 2013), innovaciones para la agricultura climáticamente inteligente (Long et al., 2016; Senyolo et al., 2018), manejo integrado de plagas (Despotović et al., 2019; Rahman, 2020), prácticas agroforestales y afines (Pattanayak et al., 2003; Mercer, 2004, Nkamleu et al., 2005; Jara-Rojas et al., 2020), diversidad de tecnologías agrícolas existentes, emergentes y modernas (Sunding & Zilberman, 2001; Kafle, 2010; Mignouna et al., 2011; Nossal & Lim, 2011; Akudugu et al., 2012; Milkias & Abdulahi, 2018; Prokopy et al., 2008; Hanumanaikar et al., 2009; Theophilus et al., 2019; Takahashi et al., 2020), y el potencial de identificar

perspectivas conductuales como insumo para la política agrícola (Lourenco et al., 2016; OCDE, 2017; Dessart et al., 2019).

Por ejemplo, Liu *et al.* (2018) recopilaron los resultados de 121 estudios sobre los factores determinantes en la adopción de mejores prácticas de cultivo y de gestión para la conservación por parte de los agricultores, y los clasificaron en diez categorías, las cuales se precisan a continuación:

1. Información y sensibilización. Disponibilidad y uso de información técnica, difusión a través de días de campo, diversidad de fuentes de información y trabajo en red, programas de capacitación, proximidad a agentes de extensión, acceso a internet y a redes sociales.
2. Incentivos financieros. Subsidios del gobierno, créditos o préstamos, flujo de caja, costos (en tiempo, financieros y de oportunidad) asociados a la implementación y mantenimiento de la práctica a adoptar.
3. Normas sociales y presión de los pares. Aceptación social, adopción por parte de vecinos, fomento de familiares y amigos.
4. Factores macro. Como influyen las Regiones geográficas, participación de la producción agrícola en el PIB total de un estado, entorno favorable en cuanto a marco político.
5. Demografía, conocimientos y actitudes de los adoptantes. Atributos del productor como edad, género, educación, experiencia, ingresos, estilo de vida, tamaño y estructura de la familia, miembro de la familia que planea hacerse cargo de la granja, creencias sociopolíticas.
6. Riesgo e incertidumbre de los productores. Aversión al riesgo e incertidumbre en cambios en rendimiento o en los ingresos, aunado a carecer de las habilidades necesarias para el éxito en la adopción.
7. Conciencia ambiental. Conciencia sobre la calidad del agua, la erosión del suelo y el impacto de las buenas prácticas de manejo en el medio ambiente.
8. Atributos de las unidades de producción. Tenencia de la tierra, comunicación entre arrendatarios y propietarios, diversidad de cultivos o

de explotaciones ganaderas, características geofísicas (fertilidad del suelo, pendiente, altitud), proximidad al área urbana, dotación de recursos, acceso a mano de obra (familiar o contratada), tamaño de la finca.

9. Características de la práctica de innovación a adoptar. facilidad de uso, menor requerimiento de tiempo, rentabilidad y flexibilidad.

10. Interacciones y Compatibilidad con otras innovaciones.

Por su parte, Foguesatto *et al.* (2020) destacan la importancia de los factores no económicos para comprender la toma de decisiones de los productores en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, refiriéndose a variables psicológicas en el ámbito agrícola como las percepciones a creencias sobre el cambio climático, preocupaciones ambientales o por la calidad de los alimentos, satisfacción con el trabajo agrícola y aversión al riesgo, por lo que presentan seis categorías en las que se agrupan los diferentes factores evaluados: i) Características del agricultor y del hogar, ii) Características generales de la finca, iii) Características financieras/de gestión de la finca, iv) Factores exógenos, v) Atributos de la práctica, y vi) Factores psicológicos.

Knowler y Bradshaw (2007) mencionan que a partir del estudio en el que Ryan y Gross en 1943 demostraron por primera vez que la adopción de innovaciones varía de un productor a otro, los investigadores se han enfocado en explicar esta desigualdad. Sin duda, las características del productor y de su finca son los factores más analizados, así, en el Cuadro 3 se presenta el balance encontrado a partir de la revisión de 25 artículos, en el que se precisa para cada variable la relación con la conducta innovadora de los productores, en sus tres escenarios: i) No significativa (NS), ii). Con significancia estadística positiva (+) y iii) Con significancia estadística negativa (-).

En definitiva, los resultados de esta revisión confirman que no se puede generalizar frente a los factores que determinan que un productor adopte o rechace una innovación, puesto que atributos del adoptante como su género, edad, escolaridad, experiencia en la actividad, entre otros, pueden tener una clara y significativa influencia en la adopción en algunos estudios empíricos,

mientras que en otras investigaciones parece no existir ninguna correlación. Por ejemplo, la escolaridad fue la variable explicativa que predominó en los estudios, analizando su influencia en 23 de los 25 artículos revisados. Así, el nivel educativo tuvo un efecto positivo y estadísticamente significativo en el proceso de adopción en 13 de los casos; en el que los productores más innovadores presentaron algún tipo de estudios formales. Por su parte, en las 10 investigaciones restantes, la escolaridad del productor no tuvo una asociación significativa con la decisión de adoptar.

Cuadro 3. Relación de Estudios que han buscado explicar los factores determinantes en la adopción de innovaciones rurales.

Fuente	Actividad productiva	País	Relación de la variable analizada con el nivel de adopción
Aguilar-Gallegos <i>et al.</i> (2013)	cacao y palma de aceite	México	Edad (-), escolaridad (NS), superficie (+), género (NS)
Bekele y Drake (2003)	diferentes cultivos como sorgo, maíz, frijol, y ganadería	Etiopía	Edad (NS), superficie (+), género (NS), crédito (NS), acceso a información (+), apoyos en activos productivos (+)
Bozoğlu y Ceyhan (2007)	hortalizas	Turquía	Edad (-), escolaridad (+), superficie (-), tamaño de la familia (-), ingresos fuera de la explotación (-)
Damián <i>et al.</i> (2007)	maíz	México	Edad (-), escolaridad (+), rendimiento (+), asesoría técnica (+), acceso a tierra (+)
Despotović <i>et al.</i> (2019)	diferentes cultivos, como trigo, maíz, remolacha, girasol y soya	Serbia	Escolaridad (NS), tamaño de la finca (-), asesoría técnica (NS)
Fadare <i>et al.</i> (2014)	maíz	Nigeria	Escolaridad (+), superficie (+), uso de fertilizantes (+), asesoría técnica (+)
Faturoti <i>et al.</i> (2006)	plátano y banano	Nigeria	Edad (NS), Escolaridad (+), experiencia en la actividad (+), frecuencia de la visita de extensión (-), acceso a créditos (+), tamaño de la familia (+)
Garrido-Rubiano <i>et al.</i> (2017)	maíz	Colombia	Escolaridad (+), interés por obtener información técnica (+), apoyo institucional (+)
Habtemariam y Duvel (2003)	maíz	Etiopía	Edad (-), escolaridad (+), superficie (+)
Jara-Rojas <i>et al.</i> (2012)	diferentes frutales, cultivos anuales y ganadería	Chile	Edad (NS), escolaridad (NS), superficie (+), capital social (+)

Fuente	Actividad productiva	País	Relación de la variable analizada con el nivel de adopción
Kolady <i>et al.</i> (2021)	maíz, soya y trigo	Estados Unidos	Edad (NS), escolaridad (NS), superficie (+), rendimiento (NS), ingresos fuera de la explotación (-), percepción del beneficio esperado (+)
Martínez-Castro <i>et al.</i> (2020)	piña	México	Edad (NS), escolaridad (NS), tamaño de la finca (+), experiencia en la actividad (+), disponibilidad de recursos económicos (+), frecuencia de visita a la finca (NS)
Mercado-Escamilla <i>et al.</i> (2019)	naranja	México	Edad (NS), escolaridad (NS), superficie (NS), años de experiencia (NS), ingresos (+)
Mignouna <i>et al.</i> (2011)	maíz	Kenia	Edad (+), escolaridad (+), tamaño de la familia (+), asesoría técnica (+), pertenecer a una asociación (+), percepción positiva de la innovación (+)
Milkias y Abdulahi (2018)	maíz	Etiopía	Edad (-), tamaño de la finca (+), ingresos (+), crédito (+), contacto con los agentes de extensión (+), participación en días de campo (+), distancia del mercado (-)
Mutanyagwa <i>et al.</i> (2018)	maíz	Tanzania	Edad (NS), escolaridad (NS), superficie (+), rendimiento (+), género (NS), estado civil (NS)
Nossal y Lim (2011)	cereales	Australia	Edad (-), Escolaridad (+), ingresos no agrícolas (+), tamaño de la finca (+),
Patel y Supe (2011)	caña de azúcar	India	Escolaridad (+), superficie (+), ingresos (+), estatus socioeconómico (+), fuentes de información (+)
Peña <i>et al.</i> (2020)	camélidos	Bolivia	Edad (NS), escolaridad (NS), superficie de pastoreo (NS)
Perera <i>et al.</i> (2003)	industria azucarera	Sri Lanka	Edad (-), escolaridad (+), superficie (+), experiencia en la actividad (+), participación social (+)

Fuente	Actividad productiva	País	Relación de la variable analizada con el nivel de adopción
Priegnitz <i>et al.</i> (2019)	papa	Uganda	Escolaridad (NS), rendimiento (+), género (NS)
Rahman (2020)	hortalizas	Bangladesh	Escolaridad (+), tamaño de la finca (+), cobertura de los medios de comunicación (+)
Sánchez-Sánchez <i>et al.</i> (2020)	uva, ajo, frijol, granadilla, rosa de corte, plantas de ornato, jitomate, bovinos, queso	México	Edad (NS), escolaridad (+), años en la actividad (+), Número de familiares involucrados (+), apoyos en activos productivos (NS)
Theophilus <i>et al.</i> (2019)	maíz	Ghana	Escolaridad (+), experiencia en la actividad (+), acceso al crédito (+), pertenecer a una asociación (+)
Vargas <i>et al.</i> (2015)	tomate	México	Edad (NS), Escolaridad (NS), experiencia en la actividad (NS), Superficie (+), rendimiento (+), confianza (+), asesoría técnica (+)

Fuente: Elaboración propia a partir de autores citados.

2.8. Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia

En Colombia, desde la década de los sesenta se inició a construir una política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), creándose en 1968 Colciencias, la institución que ha liderado los esfuerzos en el país para consolidar una política y un sistema nacional de CTI, y que a partir del 2019 se transformó en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia (MinCiencias).

Al analizar cómo ha evolucionado esta política nacional, son notorios los múltiples enfoques teóricos y modelos de gobernanza por los que ha atravesado (Moncayo, 2018), desde la transformación de política científica a política tecnológica, para constituir finalmente el concepto amplio de política de innovación; el cambio del paradigma neoliberal y lineal a uno sistémico y evolucionista (Centeno, 2020); y la transición gradual pero sostenida de una lógica sectorial-vertical hacia una territorial-horizontal (Moncayo, 2018).

Colombia es un país con regiones bien diferenciadas –dadas sus características culturales y geográficas– en las que la creciente descentralización política ha permitido la territorialización de las políticas de innovación y creación de sistemas regionales de innovación con desempeños notables como son los casos de Bogotá, Atlántico, Valle del Cauca, Santander, Risaralda y Antioquia (Ordóñez-Matamoros et al., 2021). No obstante, reconocer e incorporar la dimensión regional en las políticas de CTI, conllevó un proceso largo y de grandes ajustes. Para denotar lo anterior, en el Cuadro 4 se presenta la reconstrucción de los principales hitos de la regionalización de las políticas nacionales de CTI, realizada por Moncayo (2018).

Cuadro 4. Evolución de la dimensión regional de las políticas de CTI en Colombia.

Periodo	Suceso relevante
1969 - 1989	Las políticas de ciencia y tecnología no contemplaban la dimensión regional. Ley 29 de 1990- Primera Ley de Ciencia y Tecnología.
1990 - 1999	Se incorporan los primeros mecanismos de regionalización en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología organizado en ese periodo (comisiones y planes regionales), y se inicia la institucionalización de los sistemas regionales de innovación.
2000 - 2008	Elaboración de agendas regionales de ciencia y tecnología y promoción de la interacción entre academia, sector empresarial y gobierno. Políticas de competitividad (Comisiones Regionales de Competitividad, Alta Consejería para la Competitividad y las Regiones).
2009 - 2017	Plano territorial como elemento indispensable en las políticas públicas de CTI. Establecimiento de mecanismos novedosos de financiamiento (regalías) para los proyectos de CTI de origen regional-local y descentralización a través del empoderamiento de las entidades territoriales. Ley 1286 de 2009- Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Fuente: Elaboración propia a partir de Moncayo (2018).

El siguiente periodo (2018-Actual) ha estado marcado por una serie de reestructuraciones a partir de la materialización de los elementos establecidos en el punto uno del acuerdo de paz entre el Gobierno y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), denominado *Hacia un nuevo campo colombiano: reforma rural integral* y de la inclusión de Colombia en 2020 como miembro de la OCDE. En este sentido, el 29 de diciembre de 2017 fue sancionada la Ley de Innovación Agropecuaria (Ley 1876 de 2017), por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y se dictan otras disposiciones. El objeto de esta nueva reglamentación consiste en generar un marco institucional para planificar, integrar y ejecutar tres temas que han estado desarticulados –ciencia, tecnología y extensión–, y que por lo tanto, han generado bajo impacto en la innovación del sector agropecuario. Esta Ley

se propone servir como base para la materialización de soluciones a nivel regional ante la persistente demanda de mayor acompañamiento técnico y científico para el sector rural (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Así, el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria en Colombia, está integrado por las políticas, estrategias, programas, proyectos, metodologías y mecanismos para la gestión, promoción, financiación, protección y divulgación de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación en el sector agropecuario, así como por los entes públicos, privados o mixtos, y demás actores que desarrollen o promuevan actividades científicas, tecnológicas o de innovación para el sector. En cuanto a la estructura se delimita que el SNIA está integrado por tres subsistemas: i) Investigación y Desarrollo Tecnológico, ii) Extensión Agropecuaria y iii) Formación y Capacitación para la Innovación Agropecuaria (República de Colombia, 2017).

Respecto a la articulación de los actores, el SNIA debe operar bajo la coordinación sistemática de las instituciones públicas y privadas nacionales, regionales y locales. Es así, como la concurrencia institucional propuesta en la arquitectura del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, es uno de los puntos más destacables, puesto que el peso de la ejecución no recae exclusivamente en el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (aunque sea el principal responsable), sino que es compartido de manera significativa por otras entidades de carácter nacional, como el Ministerio de Educación Nacional y el Departamento Nacional de Planeación, definiendo además, la creación de una multiplicidad de espacios inter-actorales de construcción y territorialización del sistema de innovación, en los cuales tienen cabida los territorios y sus actores, con su visión de qué es y cómo proyectan en sus territorios la innovación (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Para ello, se propone “promover la conformación de redes de innovación para la gestión del conocimiento y en función de los sistemas territoriales de innovación” (República de Colombia, 2017; p. 6), como base para la construcción de un sistema nacional de innovación descentralizado y dinámico. De esta manera,

define a los sistemas territoriales de innovación como sistemas complejos que favorecen y consolidan relaciones entre diferentes grupos de actores tanto públicos como privados, que articulados en redes, tienen el propósito de incrementar y mejorar las capacidades de aprendizaje, gestión de conocimiento agropecuario e innovación abierta que emergen en un territorio particular (República de Colombia, 2017).

Según Goulet *et al.* (2019), la creación de estos espacios de articulación refleja una inversión firme del Estado, pero de un Estado que, más que actuar directamente con las partes interesadas para generar innovaciones, busca crear las condiciones que permitan que ellas generen innovaciones a través de interacciones. Aun así, es una apuesta transformadora para articular esfuerzos en torno a la innovación, teniendo en cuenta las deficiencias de gobernanza y articulación institucional que existían en el sistema de innovación agrícola del país.

Por ejemplo, el Comité de Agricultura de la OCDE realizó una revisión de las Políticas Agrícolas en Colombia, en la que incluye un capítulo especial sobre los numerosos desafíos a los que se enfrentaba el sistema colombiano de innovación agrícola, entre los que señaló: i) No existe un mecanismo eficiente que coordine las prioridades y las actividades de una amplia gama de instituciones, que tienen diferentes mecanismos para definir sus prioridades, asignar sus fondos y monitorear sus actividades, ii) La intensidad de la inversión pública para investigación y desarrollo es relativamente baja, y iii) Baja adopción de la innovación por parte de los productores, que se puede ver limitada por el desfavorable entorno estructural y de políticas, y la insuficiente capacidad para absorber innovaciones que puede que no estén adaptadas para los contextos regionales y agrícolas a pequeña escala (OCDE, 2015).

Conviene además señalar que, pese a todas estas transformaciones en la política nacional de CTI, el desempeño de Colombia en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación en comparación con otros países permite inferir las brechas que todavía se presentan. Para contextualizar lo anterior, se utiliza el Índice Global

de Innovación (IGI) el cual operativiza diferentes dimensiones de la innovación: i) Instituciones, ii) Capital humano e investigación, iii) Infraestructura, iv) Sofisticación del mercado, v) Sofisticación de los negocios, vi) Resultados de conocimiento y tecnología, y vii) Resultados creativos. Así, de acuerdo con el IGI de 2019, Colombia ocupa el puesto 67 entre 129 países, y en América Latina está por debajo de Chile (51), Costa Rica (55), México (56), Uruguay (62) y Brasil (66) (Nupia, 2020).

Sumado a esto, si bien la inversión pública para el desarrollo de actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación en 2019 (747,542 millones de pesos colombianos) tuvo un incremento de 36.87 % con respecto al 2018, este aumento no representa ningún cambio significativo en el largo plazo; ya que esta inversión corresponde solo al 0.07 % del Producto Interno Bruto nacional y 1.04 % del Producto Interno Bruto Agropecuario, además vale la pena agregar que este incremento se presenta después de un periodo de tres años de disminución de la inversión, la cual se ocasionó probablemente por los arreglos institucionales del sector, así como la creación y posterior reglamentación del SNIA (AGROSAVIA, 2020).

Finalmente, en cuanto al panorama de Ciencia, Tecnología e Innovación específicamente para el sector agropecuario en Colombia, en el segundo semestre del 2019 se incluyó un nuevo módulo en la Encuesta Nacional Agropecuaria realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019), el cual generó información estadística –que no existía– relacionada con estos tres elementos, para ello adoptaron el siguiente concepto de innovación:

“Una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado, o combinación de ambos, que difiere significativamente de los productos o procesos previos de la unidad y que ha sido puesto a disposición de potenciales usuarios (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso)” (DANE, 2020; p. 64).

Así, dentro de los principales resultados reportados se pueden destacar:

- De las 2,085,423 Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) que existen en el país, sólo el 5 % de éstas (108,974) realizaron alguna innovación.
- Los departamentos con mayor cantidad de UPA en las que se observaron cambios o mejoras significativas en los procesos, productos, administración o comercialización de productos, fueron Boyacá (12,517), Cundinamarca (11,157) y Tolima (8,514).
- Dentro de las principales razones que incidieron en la introducción de una innovación se encontraron: i) Mejorar la rentabilidad de la actividad, ii) Resolver un problema técnico, organizacional o de comercialización, iii) Implementar ideas generadas al interior de la UPA y iv) Responder a nuevas demandas del mercado.
- En cuanto a las innovaciones agrícolas, las relacionadas con i) Adecuación, preparación del suelo y/o manejo del suelo, ii) Fertilización y iii) Práctica de siembra y establecimiento del cultivo fueron las más adoptadas, mientras que las de Monitoreo del clima y Manejo de residuos fueron las menos reportadas por los productores.
- Los principales resultados positivos de introducir una innovación fueron: i) Reducción de los costos de Producción, ii) Incremento de los niveles de productividad, iii) Mejoras en la seguridad alimentaria y nutricional del hogar y iv) Aumento en el precio de venta de los productos. No obstante, también se reportaron resultados negativos en 1,086 UPA.
- Las entidades que brindaron algún tipo de apoyo para introducir innovaciones en la UPA del catálogo de actores que pertenecen al Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario – señalado en la Encuesta–, fueron destacadas por los productores en el siguiente orden: gremios, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Ministerios, Corporaciones Autónomas Regionales, Centros de Investigación y desarrollo, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y Universidades. No obstante, el 73 % de las UPA que si realizaron algún

cambio o mejora significativa (76,654) manifestaron que no contaron con apoyo institucional para llevar a cabo procesos de innovación en su actividad.

- Los mayores obstáculos que dificultaron o impidieron la incorporación de cambios o mejoras significativas en la UPA se relacionaron con aspectos económicos, como: i) Escasez de recursos propios, ii) Dificultades de acceso al crédito, y iii) Elevados costos de la inversión.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Panorama internacional del maíz

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019c) el maíz es el cultivo con mayor producción dentro de los cereales, con una producción promedio de 1,093.5 millones de toneladas entre el 2015 y el 2017 (Cuadro 5), lo que representa el 41.2 % de la producción total, superando a cultivos como trigo (752.9 millones de toneladas), arroz (503.1 millones de toneladas) y cebada (146.9 millones de toneladas). Además, según los pronósticos presentados en su informe de perspectivas alimentarias de noviembre de 2019, la producción mundial de maíz ascenderá a 1,122.6 millones de toneladas en 2019-2020, es decir, se estima una variación de 0.4 % comparado con el volumen alcanzado en 2018 (1,118.1 millones de toneladas).

Cuadro 5. Panorama de producción de cereales más importantes del mundo.

Cultivo	2015-2017 Promedio (Mt)	2018-2019 Estimada (Mt)	2019-2020 Pronóstico (Mt)	Variación de: 2019-20 a 2018-19 (%)
Maíz	1,093.5	1,118.1	1,122.6	0.4
Trigo	752.9	731.9	765.0	4.3
Arroz	503.1	517.5	513.4	-0.8
Cebada	146.9	139.6	153.1	8.8
Sorgo	61.7	59.4	57.0	-4.2
Total cereales	2,652.5	2,657.3	2,704.0	1.7

Fuente: FAO (2019c).

Para el periodo 2015-2017, un 57.2 % de la producción mundial de maíz se concentró principalmente en dos países: Estados Unidos y China (Cuadro 6). Así, Estados Unidos es el principal productor de maíz reportando una producción

promedio de 367.1 millones de toneladas (33.6 %), mientras que China ocupa el segundo lugar con 262.7 millones de toneladas (24 %).

Con respecto a América del Sur, su producción promedio en el periodo 2015-2017 correspondió al 12.5 % de la producción total de maíz (136.8 millones de toneladas); con Brasil y Argentina como los países que aportan la mayor cantidad de este grano, con 82.2 y 41.0 millones de toneladas respectivamente, y quienes según los pronósticos de la FAO para el 2019-2020 son los países que se prevé tendrán unas cosechas récord de maíz, producto de la expansión de la superficie plantada y la mejora de los rendimientos, además de unas condiciones climáticas favorables. Por el contrario en Venezuela se espera que la producción se sitúe muy por debajo del promedio registrado en 2015-2017, al pasar de 1.3 a 0.6 millones de toneladas, debido a una contracción significativa de la superficie sembrada, ya que el aumento de los costes de producción, la falta de insumos agrícolas y la introducción de un tope de precios disuadieron a los agricultores de sembrar (FAO, 2019a).

Cuadro 6. Panorama mundial de producción de maíz por regiones.

Región/País	2015-2017 Promedio (Mt)	2018-2019 (Mt)	2019-2020 Pronóstico (Mt)
Asia	356.1	357.9	357.5
China	262.7	257.3	254.2
India	25.8	27.2	28.4
África	76.7	83.0	78.8
Sudáfrica	12.1	11.0	11.6
Nigeria	10.1	11.0	11.0
América Central	31.4	31.1	29.9
México	26.9	26.7	25.6
América del Norte	381.0	380.2	362.1
Canadá	13.9	13.9	14.1
Estados Unidos	367.1	366.3	348.0
América del Sur	136.8	137.0	169.5
Argentina	41.0	47	57.0
Brasil	82.2	96.0	100.0
Chile	1.3	1.1	1.0
Colombia	1.4	1.5	1.2
Perú	1.6	1.6	1.5

Venezuela	1.3	0.7	0.6
Europa	110.9	128.2	124.3
Unión Europea	62.5	63	66.7
Ucrania	25.4	35.8	34.0
Oceanía	0.6	0.6	0.6
Mundial	1,093.5	1,107.4	1,122.6

Fuente: FAO (2019c).

En particular, Colombia participó en el 2018 con 1.5 millones de toneladas a la producción mundial de maíz (0.14 %); muy por debajo de los principales países productores, y según las proyecciones para el 2019-2020 las cantidades recolectadas se estiman en niveles inferiores al promedio debido a la disminución de las plantaciones y a las condiciones climáticas adversas, lo que ha reducido las perspectivas de la producción total en 2019 (FAO, 2019a).

3.2. Panorama nacional del maíz

3.2.1. Demanda

Según las cifras proporcionadas por FAO (2019b) la demanda de maíz en Colombia se ha incrementado 7.8 veces (de 0.80 a 6.23 millones de toneladas) entre los años 1961 a 2017. Se puede observar que mientras la productividad del cereal en el país no tuvo un aumento significativo, en el caso de las importaciones los volúmenes se incrementaron de 0.01 a 4.93 millones de toneladas a partir de 1992 (Figura 3), lo que ocasionó una fuerte caída de la autosuficiencia del maíz, debido a la apertura gradual del comercio, que redujo considerablemente los aranceles, luego de firmarse en el 2012 el Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos y sumado al crecimiento en la demanda de maíz amarillo que fue motivada por el consumo creciente de productos de origen animal. Por ende, de la demanda total de maíz para el 2017, el 79 % son importaciones (4.93 millones de toneladas), mientras que el 21 % restante es producción nacional (1.30 millones de toneladas).

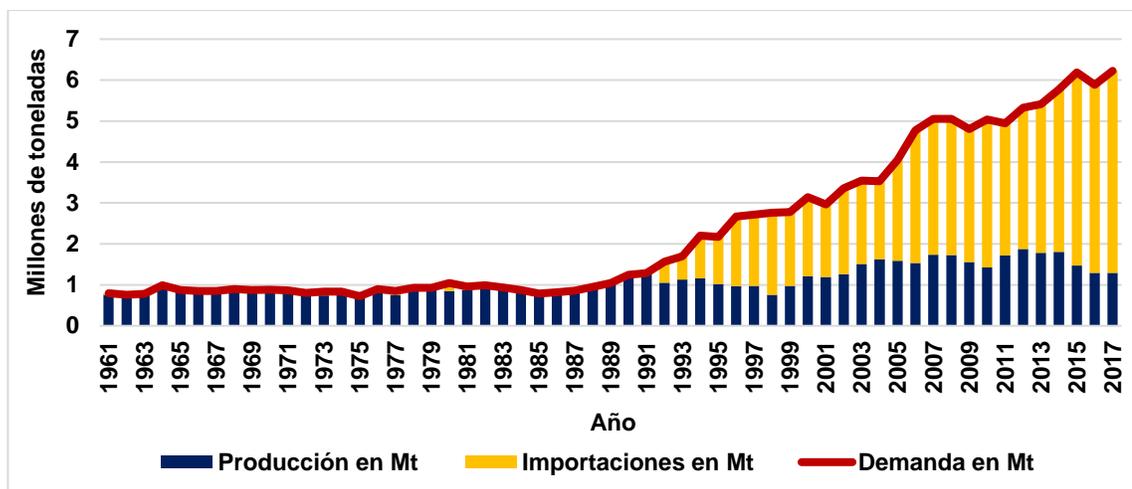


Figura 3. Demanda de maíz en Colombia en el periodo 1961-2017, incluyendo importaciones y producción nacional.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FAO (2019b).

En Colombia, se consumen dos tipos de maíz: amarillo y blanco. De estos, el maíz amarillo se usa principalmente para alimentación animal ya sea en forma directa o como insumo para la fabricación de alimentos balanceados, mientras que, el blanco se destina preferentemente para el consumo humano. La producción de ambos tipos de maíz tiene los mismos requerimientos, de manera que el área de siembra se desplaza hacia el uno o el otro dependiendo de las condiciones del mercado (Grande & Orozco, 2013).

En la Figura 4 se observan los cambios presentados en la demanda de maíz amarillo y blanco según las últimas cifras reportadas por FENALCE (2019a), la cual tuvo una variación del 40 % entre 2008 y 2018 en el consumo total, con valores de 4.92 a 6.91 millones de toneladas. Así, la demanda de maíz amarillo ha venido creciendo hasta representar en el 2018, el 88 % de la demanda total, con 6.09 millones de toneladas, mientras que el maíz blanco reportó una demanda de 0.83 millones de toneladas (12 %) para el mismo año.

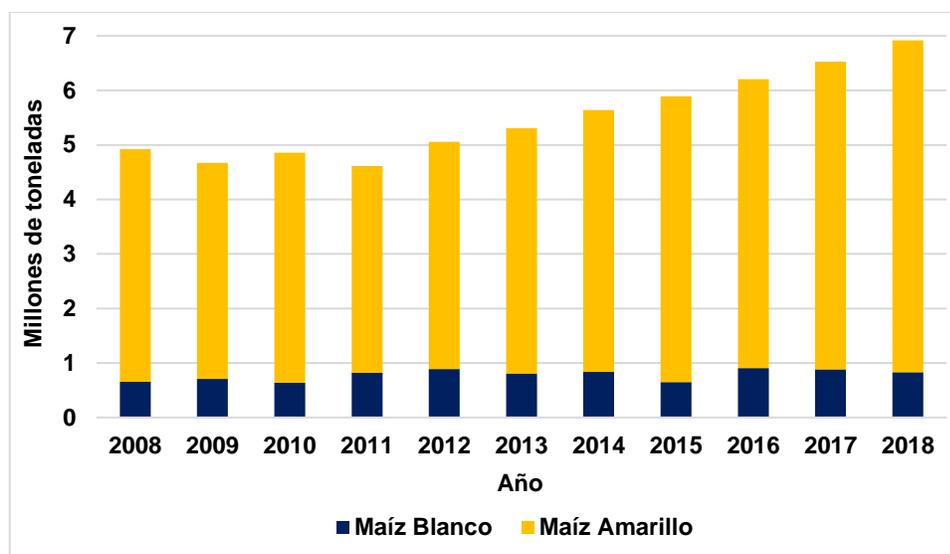


Figura 4. Demanda de maíz blanco y amarillo en Colombia en el periodo 2008-2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FENALCE (2019a).

Por otro lado, se prevé que el consumo mundial de maíz continúe creciendo de manera sostenida, por lo que se proyectó para el periodo 2019-2020 un consumo promedio per cápita de 18.2 kg/año. Sin embargo, este incremento varía según el país, por ejemplo para Colombia se estima un consumo de maíz de 51 kg/año por persona, para México de 131.5 kg/año, mientras que en Japón se prevé una ingesta de 0.8 kg/año (FAO, 2019a).

En efecto, aunque el maíz es un cultivo muy relevante en Colombia, es el primer importador del grano en Suramérica con 4.8 millones de toneladas en promedio para el ciclo de 2015-2017 y según las proyecciones de FAO (2019C) se estima que aumente a 5.4 millones de toneladas en 2019-2020 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Panorama mundial de importaciones y exportaciones de maíz grano.

Región País	Importaciones (Mt)			Exportaciones (Mt)		
	2015- 2017	2018- 2019	2019- 2020	2015- 2017	2018- 2019	2018- 2019
Asia	67.7	76.4	77.4	3.4	3.8	3.9
Japón	15.2	16.0	16.5	-	-	-
Vietnam	8.5	9.8	10.0	0.1	0.4	0.3
África	22.7	20.5	23.8	3.8	3.8	3.6

Egipto	8.8	8.9	9.7	-	-	-
América Central	21.1	23.9	25.3	1.5	0.6	0.8
México	26.9	26.7	25.6	1.4	0.6	0.8
América del Norte	381.0	380.2	362.1			
Estados Unidos	1.4	0.7	1.0	55.1	59.5	46.0
América del Sur	13.4	14.3	13.8	51.3	56.8	71.1
Argentina	-	-	-	22.3	28.5	32.8
Brasil	1.5	1.2	0.6	26.7	26.5	36.0
Colombia	4.8	5.3	5.4	-	-	-
Perú	3.2	3.4	3.6	-	-	-
Europa	15.7	25.2	18.4	28.1	39.1	34.4
Unión Europea	14.9	24.2	17.5	2.2	3.5	2.0
Oceanía	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Mundial	143.3	163.8	161.5	144.9	165.9	161.5

Fuente: FAO (2019c).

Como se puede observar en Cuadro 8, las importaciones de maíz amarillo en Colombia han tenido una tendencia creciente los últimos tres años, siendo Estados Unidos el principal país de origen, con una participación del 99 % en las importaciones colombianas de este cereal. Según reportes de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN, 2019), entraron al país 4.97 millones de toneladas en el 2018 procedentes de este país. Por su parte, la cifra ascendió a las 0.29 millones de toneladas para maíz blanco, en el que Estados Unidos figura como el único país del que se importa este tipo de maíz.

Cuadro 8. Importaciones de maíz amarillo y blanco de Colombia por país de origen.

País	Maíz Amarillo (Mt)			Maíz Blanco (Mt)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Argentina	0	0	0.13	0	0	0
Estados Unidos	4.29	4.65	4.97	0.27	0.26	0.29
Total	4.29	4.65	5.1	0.27	0.26	0.29

Fuente: DIAN (2019).

En cuanto a las exportaciones, Colombia tiene un papel muy incipiente y esporádico, en el que el principal destino de exportación de maíz blanco ha sido

Chile con 225 toneladas en total durante 2015 a 2018, seguido de Aruba y España, con 22 y 10 toneladas respectivamente. El maíz amarillo registra un volumen de 64 toneladas exportadas en el año 2017 hacia Venezuela y de 17 toneladas hacia Chile en 2018. En consecuencia, el saldo de la balanza comercial es altamente deficitario para el maíz (-285.519 toneladas para el 2018), debido al gran volumen de grano importado de Estados Unidos, y a que la producción nacional no genera excedentes para la exportación (DIAN, 2019).

3.2.2. Producción

Dentro de las diferentes formas de cultivo que existen en Colombia, se consideran dos grandes sistemas de producción: el tecnificado y el tradicional. Esta distinción radica en que el sistema tecnificado son monocultivos de más de cinco hectáreas, en el que se usan semillas mejoradas, aplicación de plaguicidas químicos y fertilizantes. Además, en algunos casos cuentan con disponibilidad de agua para riego y emplean maquinaria agrícola para la recolección y el procesamiento del maíz, como sembradoras y trituradoras. Por su parte, en el sistema de producción tradicional, predominan cultivos de pequeñas extensiones, en el que el productor utiliza genotipos criollos, carece de sistemas de irrigación, y la aplicación de fertilizantes está limitada a niveles de nitrógeno hasta de 40 kilogramos por hectárea (Grande & Orozco, 2013).

En la Figura 5 se observa la tendencia en la producción en el periodo 2012 a 2018 en Colombia, según el tipo y el sistema de producción. De esta forma, la producción de maíz amarillo tecnificado reportó para el 2018 un valor de 0.74 millones de toneladas, mientras que para maíz amarillo tradicional fue de 0.24 millones de toneladas. Por su parte, para este mismo año la producción de maíz blanco bajo el sistema tecnificado y tradicional fue de 0.41 y 0.13 millones de toneladas respectivamente.

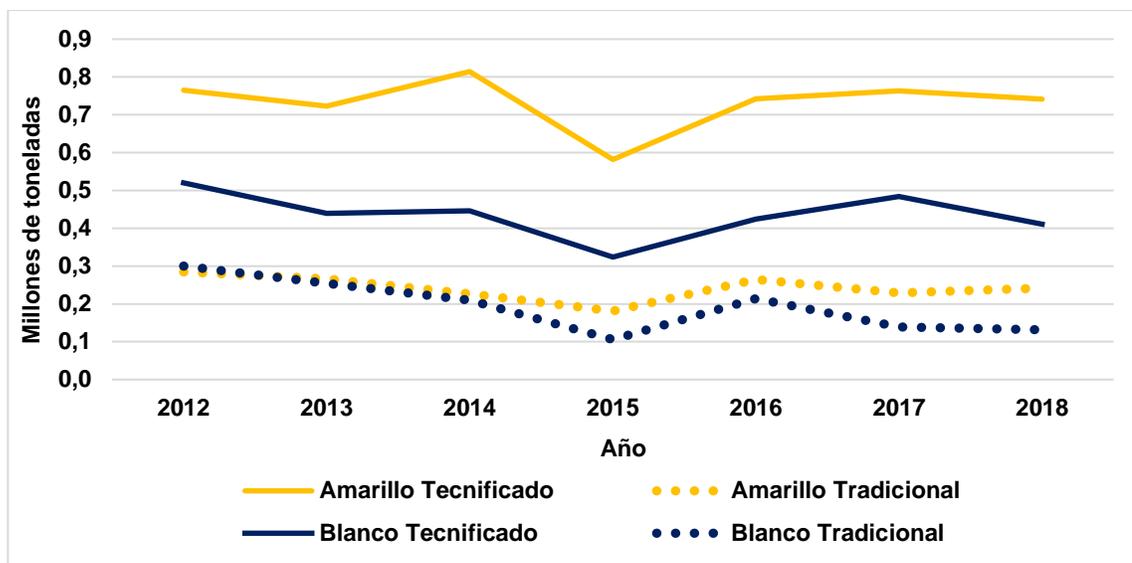


Figura 5. Producción por tipo y sistema de producción de maíz en Colombia en el periodo 2012-2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FENALCE (2019a).

Según las cifras proporcionadas por FENALCE (2019a) la producción nacional de maíz ha ido en aumento en las últimas décadas, alcanzando para el 2018 una producción total de 1.15 millones de toneladas en el sistema tecnificado, mientras que en el tradicional fue de 0.37 millones de toneladas, para una producción total de 1.52 millones de toneladas (Figura 6).

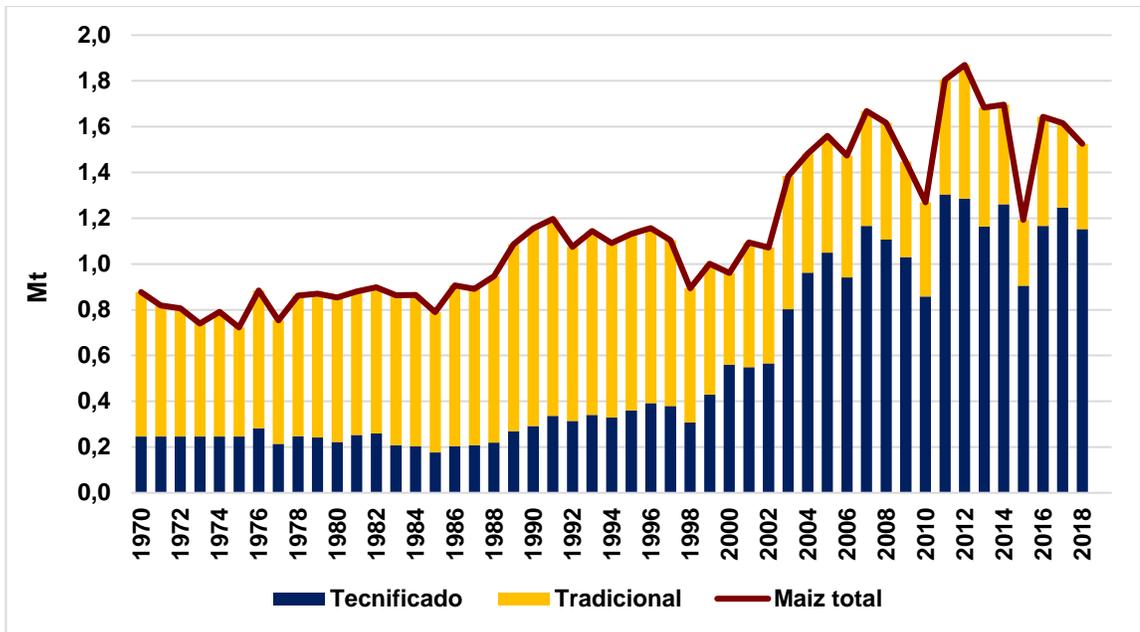


Figura 6. Histórico de producción de maíz tecnificado y tradicional en Colombia en el periodo 1970-2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FENALCE (2019a).

Sin embargo, es importante señalar que el incremento en la producción de maíz nacional en los últimos años no responde a un aumento en la superficie total cultivada. Por el contrario, la superficie para el cultivo de maíz ha disminuido, pasando de 0.66 millones de hectáreas en 1970 a 0.40 millones de hectáreas en el 2018. Además, en este mismo periodo la proporción del área sembrada en sistema tradicional ha disminuido mientras que el área en sistema tecnificado ha aumentado (Figura 7).

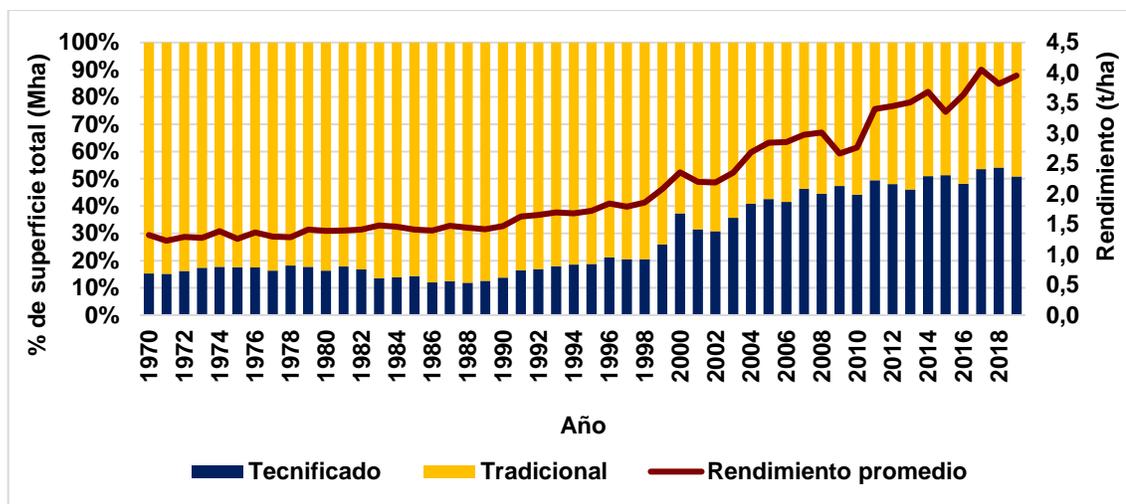


Figura 7. Superficie total de maíz cultivada en sistema tecnificado y tradicional en Colombia en el periodo 1970-2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FENALCE (2019a).

3.2.3. Rendimiento

Colombia presenta bajos índices de productividad en comparación con los principales países productores. Por ejemplo, en 2016 el rendimiento promedio para maíz en Colombia se situó en 3.6 t/ha, mientras que en Estados Unidos fue de 11 t/ha, siendo el promedio mundial de 5.4 t/ha (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de rendimiento promedio de maíz de diferentes países con respecto a Colombia.

País	Rendimiento Promedio (t/ha)	Porcentaje de Rendimiento superior al de Colombia (%)
Estados Unidos	11.0	206
Canadá	9.8	172
Argentina	8.0	122
Unión Europea	7.2	100
Ucrania	6.6	83
China	6.0	67
Sudáfrica	5.9	64
Brasil	5.6	56
Rusia	5.5	53
México	3.7	3
Colombia	3.6	
Mundial	5.8	61

Al analizar el rendimiento promedio nacional, se observa una tendencia creciente, con 1.47 toneladas por hectárea en 1990 a 3.82 toneladas por hectárea en 2018. No obstante, en el sistema tecnificado los rendimientos son mayores, en el que se alcanza en 2018 un valor de 5.32 toneladas por hectárea, mientras que el rendimiento del maíz tradicional fue de 2.04 toneladas por hectárea para ese mismo año (Figura 8).

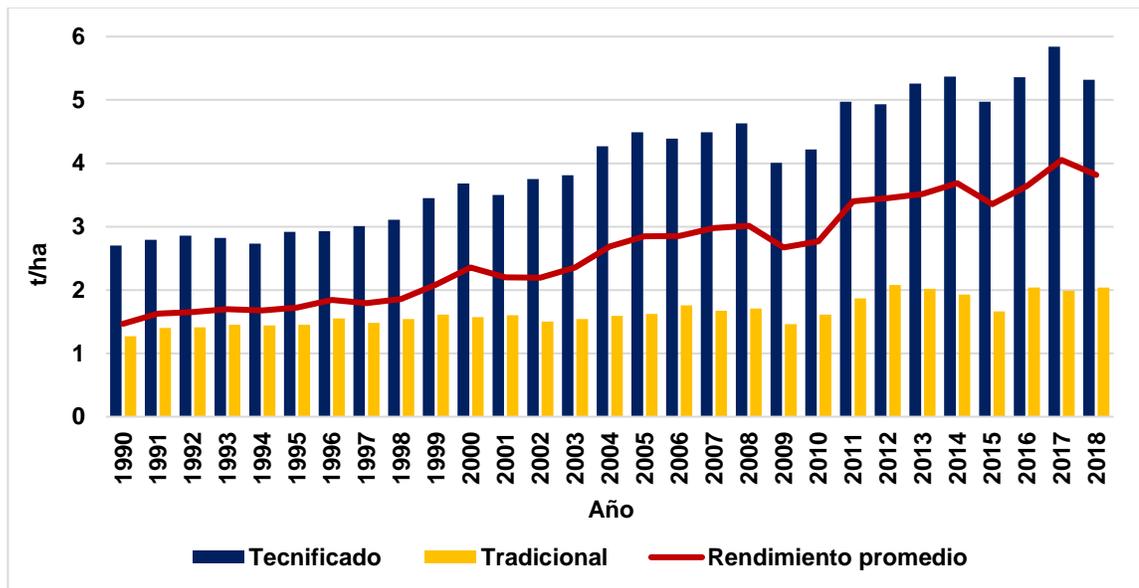


Figura 8. Rendimiento de maíz según sistema de producción en Colombia en el periodo 1990-2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FENALCE (2019a).

Por último, si bien la tendencia de mayores rendimientos se encuentra en el sistema de producción tecnificado, el análisis por departamento muestra que existe una variación importante en todo el país en el rendimiento de maíz amarillo tecnificado (Figura 9), desde 2.82 toneladas por hectárea en el departamento de Cundinamarca hasta 8.5 toneladas por hectárea en el Valle del Cauca (FENALCE, 2019b).

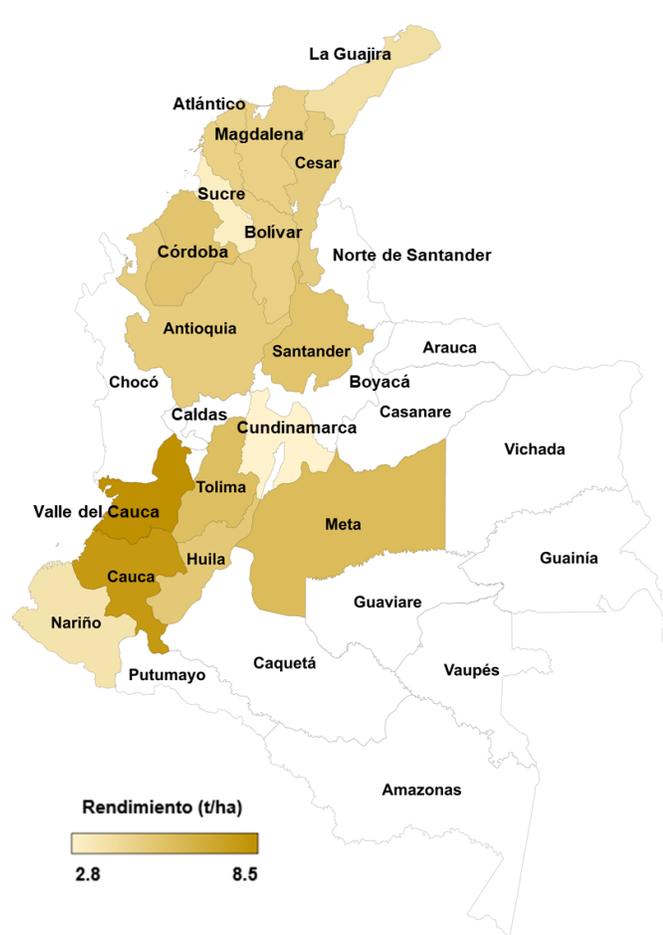


Figura 9. Rendimiento promedio de departamentos productores de maíz amarillo tecnificado en Colombia para 2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de FENALCE (2019b).

3.3. Panorama regional del maíz

Por otro lado, el cultivo del maíz se encuentra en gran parte del territorio nacional, dada su especial adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y socioeconómicas; de ahí que este grano se cultiva desde La Guajira hasta el Amazonas y desde la Costa Pacífica a los Llanos Orientales, y en situaciones bien contrastantes, desde el nivel del mar hasta 3,000 metros de altitud y con precipitaciones desde menos 300 mm al año en La Guajira, hasta 10,000 mm en el Chocó.

Sin embargo, hay zonas con gran potencial de aprovechamiento. Así, según FENALCE (2019b) Meta, Tolima y Córdoba se destacan por sus cifras en área sembrada, rendimiento y producción con respecto a los demás. En el Cuadro 10 se puede observar la información productiva de estas regiones.

Cuadro 10. Información productiva de los departamentos focalizados para la investigación en Colombia para 2018.

Departamento	Variable	Tradicional		Tecnificado	
		Amarillo	Blanco	Amarillo	Blanco
Córdoba	Área sembrada (ha)	20,000	9,400	12,375	12,139
	Rendimiento (t/ha)	2.00	1.99	5.47	5.47
	Producción (t)	36,950	16,750	63,263	61,741
Meta	Área sembrada (ha)	600	200	44,550	7,000
	Rendimiento (t/ha)	4.00	2.00	6.0	6.0
	Producción (t)	2,700	370	242,300	41,000
Tolima	Área sembrada (ha)	3,858	2,740	17,490	15,510
	Rendimiento (t/ha)	3.60	3.20	5.80	5.30
	Producción (t)	19,904	13,538	100,677	86,103

Fuente: Elaboración propia a partir de FENALCE (2019b).

Estos tres departamentos son los principales productores de maíz, así concentran el 47.40 % y 40.47 % de la producción nacional de maíz amarillo y blanco, respectivamente. El departamento de Córdoba, ocupó en 2018 el primer lugar en producción de maíz tradicional, con el 14.40 % de la producción del país (373,049 t). Mientras que, en el cultivo de maíz tecnificado, Meta es el mayor productor con 283 mil toneladas, equivalente al 24.59 % del total de la producción (1,151,930 t).

4. METODOLOGÍA

El análisis del sistema de innovación del maíz contempló varias fases metodológicas y de delimitación espacial dependiendo de la escala abordada: nacional, regional o local.

Así, para el apartado del Sistema Nacional de Innovación se procedió a una revisión de diferentes reportes, diagnósticos, documentos de trabajo, análisis situacionales y lineamientos de política que existen para Colombia, tanto para la cadena del maíz como del panorama de Ciencia, Tecnología e Innovación, enfatizando la revisión documental en la creación y funcionamiento del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria en Colombia.

Para el apartado del Sistema Regional de Innovación, éste se analizó desde la perspectiva del dominio de empresas quienes demandan de manera directa la innovación, por lo que se encuestaron a productores de maíz de los departamentos de Córdoba, Meta y Tolima. Se utilizó el departamento para delimitar el sistema de innovación en la escala regional, por ser la unidad territorial de primer nivel en Colombia. Así, para la focalización de la investigación, se utilizaron como criterios que fueran departamentos que se destacaran en el país tanto por sus cifras en área sembrada, rendimiento y producción, como por ser zonas en las que se pudieran observar de manera alterna los dos grandes sistemas de producción que existen en Colombia: el tecnificado y el tradicional, y la siembra tanto de maíz amarillo como blanco.

En este sentido, se seleccionó un departamento que cumpliera con los criterios anteriormente expuestos para cada una de las regiones en las que se divide el territorio Colombiano: Tolima-Región Andina, Córdoba-Región Caribe y Meta-Región Orinoquía, y en cada departamento se priorizaron también zonas específicas de los principales municipios productores de maíz (Figura 10).

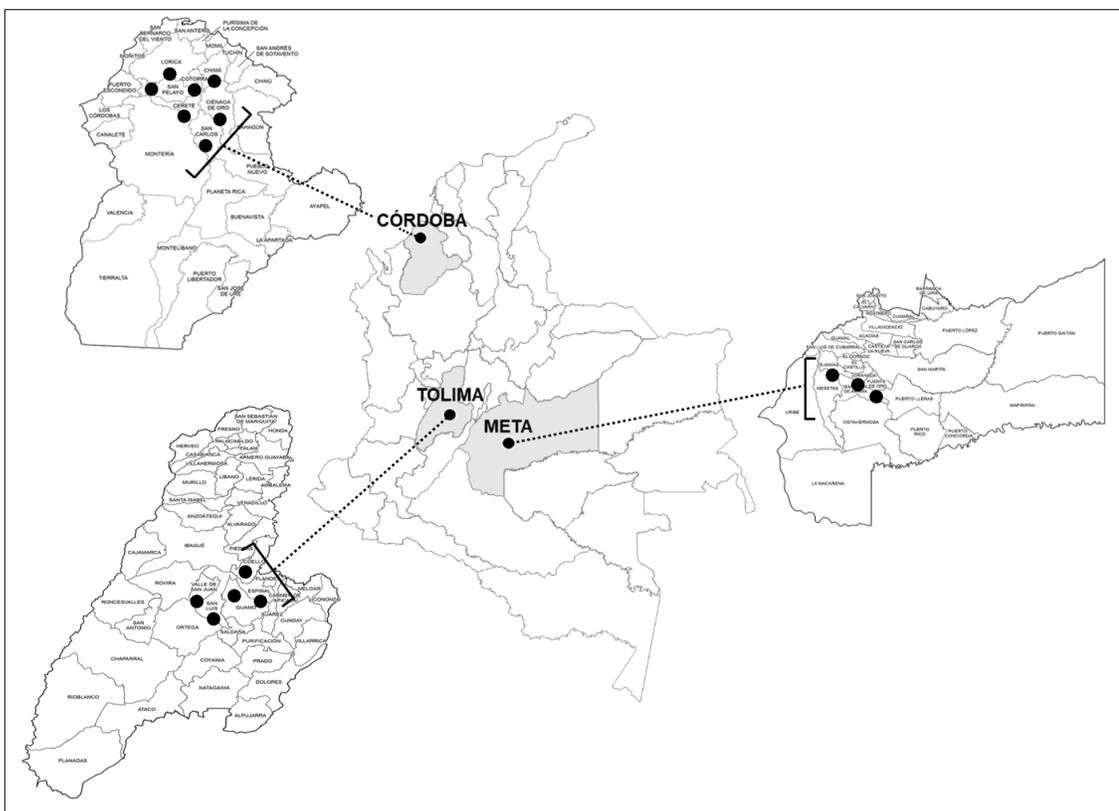


Figura 10. Departamentos focalizados para el Análisis del Sistema Regional de Innovación del maíz.

Fuente: Elaboración propia.

Así, este apartado tiene como sujetos de estudio a 758 productores de maíz de los departamentos de Córdoba (285), Meta (266) y Tolima (207). En el Cuadro 11 se presenta el número de productores por municipio encuestados para la investigación.

Cuadro 11. Número de productores encuestados en las zonas focalizadas para la investigación.

Departamento	Municipio	Número de Productores	Total Productores
Córdoba	Chimá	72	285
	Cotorra	58	
	Cereté	44	
	San Pelayo	33	
	Lorica	33	
	San Carlos	26	

	Ciénaga de Oro	19	
Meta	Granada	138	266
	Fuente de Oro	92	
	Lejanías	36	
Tolima	Coello	24	207
	Espinal	57	
	Guamo	22	
	San Luis	37	
	Valle de San Juan	67	

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el apartado del Sistema Local de Innovación tiene como sujetos de estudio a 296 productores de maíz de nueve municipios del departamento de Tolima (Armero Guayabal, Coello, Espinal, Guamo, Ortega, Planadas, San Luis, Suárez y Valle de San Juan).

El levantamiento de información se realizó por los técnicos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (FENALCE), entre noviembre de 2019 y agosto de 2020, en el marco de una iniciativa que lideran junto con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Universidad Autónoma Chapingo, a través de la encuesta *Registro para la innovación y el ordenamiento de la producción* (Apéndice 2), en el que adoptaron este proceso como parte de la re-afiliación de sus agremiados, por lo que se recopiló información a nivel nacional.

El instrumento de recolección de información se dividió en tres apartados: el primero relacionado con atributos generales del productor entrevistado y características de su unidad de producción y del cultivo, un segundo apartado referente a la red de innovación técnica, en el que se identificaron las prácticas más adoptadas del catálogo de 16 innovaciones de FENALCE para lograr un mayor rendimiento del cultivo (Cuadro 12) y las fuentes de información en cada caso. El tercer apartado se centró en la red comercial, con información de la proveeduría de insumos y venta de la cosecha por parte de los productores.

Cuadro 12. Catálogo de innovaciones o buenas prácticas tecnológicas utilizado en la investigación.

Categoría	Innovación / buena práctica tecnológica
Establecimiento del cultivo	Fecha adecuada de siembra
	Semilla certificada
	Densidad de siembra
	Siembra directa
	Población a cosecha
Nutrición del cultivo	Análisis de suelo
	Fertilización balanceada a la siembra
	Fracción nitrógeno
	Fracción potasio
Sanidad	Protección adicional a la semilla
	Monitoreo de malezas
	Monitoreo de plagas
	Monitoreo de enfermedades
Maquinaria y Equipo	Calibra cosechadora
Manejo del Suelo	Calicata y profundidad efectiva
	Labranza convencional

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizaron 44 variables, de las cuales 11 fueron escalares, y se realizó un análisis estadístico con el software IBM SPSS *Statistics* 25. Para mayor detalle en el Cuadro 13 se presentan las especificaciones de las variables que se utilizaron en la investigación para cumplir los objetivos planteados en la misma.

Cuadro 13. Definición de variables de la investigación.

Nombre de la variable	Definición	Tipo de variable	Escala de medición
Atributos del Productor entrevistado (Hipótesis 1 y 2)			
Clave del Actor entrevistado	Identificador alfanumérico del entrevistado con el fin de asegurar la confidencialidad.	Cualitativa	Nominal
Edad	Edad del entrevistado en años.	Cuantitativa Continua	Escalar
Años de Escolaridad	Escolaridad efectiva del entrevistado en años.	Cuantitativa Continua	Escalar
Género	El entrevistado se reconoce como mujer u hombre.	Cualitativa	Nominal
Características de la Unidad de Producción y del cultivo (Hipótesis 1 y 2)			
Ubicación de la Unidad de producción	Ubicación geográfica de la unidad de producción, según la Organización territorial de Colombia, especificando el departamento (unidad territorial de primer nivel), municipio (segundo nivel de división administrativa) y vereda (división territorial de cada corregimiento) en el (la) que se encuentra ubicada.	Cualitativa	Nominal
Tipo de cultivo	Tipo de cultivo que predomina entre las opciones existentes: variedad, convencional, y Organismo Genéticamente Modificado (OGM)	Cualitativa	Nominal
Superficie sembrada	Hectáreas sembradas en la unidad de producción con el cultivo de maíz.	Cuantitativa Continua	Escalar
Rendimiento (grano) 2018	Producción de grano obtenida en el ciclo productivo de 2018. La cantidad se especifica para cada semestre: Para el primer semestre (A) y segundo semestre (B) en toneladas por hectárea.	Cuantitativa Continua	Escalar
Rendimiento (grano) 2019	Producción de grano obtenida en el ciclo productivo de 2018. La cantidad se especifica para cada semestre: Para el primer semestre (A) y segundo semestre (B) en toneladas por hectárea.	Cuantitativa Continua	Escalar
Tenencia de la tierra	Tenencia de la tierra de la unidad de producción, señalando una entre las opciones existentes: Propia, Arrendada u Otra (contrato de aparcería, comodato, colectiva, entre varias formas de tenencia).	Cualitativa	Nominal

Nombre de la variable	Definición	Tipo de variable		Escala de medición
Régimen hídrico	Uso de maquinaria cultivo de maíz, especificando si es de Riego o Secano.	Cualitativa		Nominal
Maquinaria	Tenencia de la tierra de la unidad de producción, señalando una entre las opciones existentes: Propia, Arrendada u Otra.	Cualitativa		Nominal
Destino de la producción	Destino de la producción en porcentaje para cada una de las siguientes opciones: consumo humano, consumo animal, industria, exportación, otro y no sabe.	Cuantitativa	Continua	Escalar
Destino de la producción al autoconsumo	Porcentaje que destina al autoconsumo (humano, animal y de procesamiento).	Cuantitativa	Continua	Escalar
Dinámica de la innovación (Hipótesis 1 y 2)				
Red técnica				
Número de innovaciones adoptadas	Número de innovaciones adoptadas en la unidad de producción del catálogo de 16 innovaciones de FENALCE.	Cuantitativa	Discreta	Escalar
Clave del Actor - fuente de información y conocimiento referido	Identificador alfanumérico del Actor (persona, empresa o institución) de quién el entrevistado aprendió cada innovación adoptada en su unidad de producción.	Cualitativa		Nominal
Año de adopción de la innovación	Año desde el cual se adopta cada una de las innovaciones en la unidad de producción, catálogo de 16 innovaciones de FENALCE.	Cualitativa		Ordinal
Grado de entrada del entrevistado	Número de vínculos recibidos por el entrevistado provenientes de sus pares, como fuente de información y conocimiento en prácticas de innovación para el cultivo de maíz.	Cuantitativa	Continua	Escalar
Grado de salida del entrevistado	Número de vínculos que el entrevistado establece para la búsqueda de información y conocimiento en prácticas de innovación para el cultivo de maíz.	Cuantitativa	Continua	Escalar
Red comercial				

Nombre de la variable	Definición	Tipo de variable	Escala de medición
Clave del Actor-proveedor de insumos referido	Identificador alfanumérico del Actor (persona, empresa o institución) a quien el entrevistado le compra los insumos como fertilizantes, semillas y agroquímicos.	Cualitativa	Nominal
Razón de compra	Razón por la cual el entrevistado le compra los insumos al proveedor referido, seleccionando entre las opciones existentes: es el único proveedor en la región, ofrece un mejor precio, da crédito y le pago con mi cosecha, es el más cercano, pesa bien u otro.	Cualitativa	Nominal
Clave del Actor-comprador referido	Identificador alfanumérico del Actor (persona, empresa o institución) a quien el entrevistado le vendió su cosecha (última venta realizada).	Cualitativa	Nominal
Fecha de la última venta	Fecha exacta o lo más cercana posible de la venta de la última cosecha de maíz del entrevistado en formato mes y año	Cualitativa	Ordinal
Razón de venta	Razón por la cual el entrevistado le vendió su cosecha al comprador referido, seleccionando entre las opciones existentes: es el único comprador en la región, ofrece un mejor precio, presta dinero y le pago con mi cosecha, trato previo de compra-venta de palabra, venta por contrato, es el más cercano, pesa bien, paga rápido y en efectivo u otro.	Cualitativa	Nominal
Volumen de venta	Volumen de la cosecha de maíz que vendió el entrevistado la última vez en toneladas	Cuantitativa Continua	Escalar
Precio de venta	Precio de venta de la última cosecha de maíz del entrevistado en pesos colombianos por tonelada	Cuantitativa Continua	Escalar

Fuente: Elaboración propia.

Con la información levantada por los técnicos de FENALCE, se construyó una base de datos en Excel® y un Bloc de Notas con los vínculos entre los actores. El archivo del bloc de notas se importó directamente en NetDraw 2.083© y Ucinet 6.211©, para realizar el Análisis de Redes Sociales. Por su parte, para el análisis gráfico de las redes técnica y comercial se emplearon los software NetDraw 2.083 y Gephi.

En relación a los métodos utilizados, se realizó un análisis clúster de K-medias para formar tres grupos de productores según su nivel de innovación, y se observaron las diferencias entre grupos a través de un análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) y comparación de medias con Pruebas de Scheffé por ser muestras desbalanceadas. Para el análisis de las variables categóricas y observar si había relación entre éstas y los grupos formados, se utilizaron tablas de contingencia a través del estadístico Chi-cuadrado. Finalmente se empleó un modelo de regresión lineal múltiple para identificar cómo influyen los atributos del productor y de su unidad de producción en la adopción de innovaciones, utilizando como variable dependiente el Índice de Adopción de Innovaciones y como variables explicativas la edad del productor, el rendimiento, el tipo de semilla, el régimen hídrico y los indicadores de redes sociales como integración, interacción con otros productores y con actores externos, aunado a la cobertura del actor fuente.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Sistema Nacional de Innovación del maíz

Existen múltiples actores relacionados de forma directa e indirecta con la producción, acopio, transformación y comercialización del maíz en Colombia, y que actúan como catalizadores de la innovación en este sector a través de: i) Coordinación, planificación y territorialización de las políticas de CTI, con agendas específicas para la cadena de maíz, ii) Financiamiento y generación de incentivos y iii) Desarrollo, difusión y uso de nuevos conocimientos.

Por esta razón, para la identificación de los actores del sistema socio-productivo del maíz y su rol en la gestión de la innovación, se utilizó la tipología de actores propuesta por Arnold y Bell (2001) que los clasifica en cuatro dominios, la cual se complementó con un análisis funcional a través del reconocimiento de las funciones o actividades (F) con las que contribuye cada actor al objetivo principal de los sistemas de innovación de las siete establecidas por Hekkert *et al.* (2007), las cuales son: F1. Actividades empresariales y de fomento al emprendimiento, F2. Desarrollo de conocimiento, F3. Difusión del conocimiento a través de redes, F4. Orientación de la búsqueda, F5. Formación de mercado, F6. Movilización de recursos y F7. Creación de legitimidad.

5.1.1. Dominio de Instituciones de enlace

En el dominio de Instituciones de enlace se identificaron a instituciones gubernamentales, organismos de cooperación, organizaciones de productores y gremios, proveedores de servicios financieros y proveedores de servicios profesionales (Cuadro 14). De esta manera, entre los actores institucionales con mayor relevancia para la innovación del sector maicero en Colombia se encuentra el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), como máximo

rector de las políticas agropecuarias y de desarrollo rural y Coordinador del orden nacional de esta cadena productiva.

Específicamente, en el marco del Plan de Ordenamiento de la Producción Agropecuaria para el maíz del MADR, se implementa en el país la iniciativa *Maíz para Colombia*, liderada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con el propósito de hacer más competitiva la producción nacional de maíz, satisfacer la demanda, reducir las importaciones y dar un perfil industrial al cultivo de este grano en Colombia. Este plan estratégico a 2030 está compuesto por cinco motores de cambio: 1. Adopción de semilla mejorada, 2. Seguridad Nutricional, 3. Agricultura sostenible adaptada al clima, 4. Redes de acompañamiento a la innovación y 5. Vinculación de productores competitivos al mercado; en el que cada motor cuenta con un conjunto de acciones propuestas para el corto, mediano y largo plazo (Govaerts et al., 2019).

Con respecto al funcionamiento del sistema, este dominio juega un papel clave tanto por los diversos y múltiples actores que lo componen, como porque se considera eficaz para contribuir al cumplimiento de muchas funciones clave del sistema de innovación, destacándose en aquellas que implican la Movilización de recursos y la Creación de legitimidad, lo cual repercute directamente en facilitar el entorno para que se puedan llevar a cabo el resto de las funciones o actividades para la innovación.

Así, en el Cuadro 14 se presentan los tipos de actores identificados dentro del dominio de Instituciones de enlace, y las funciones del sistema de innovación con las que están asociadas cada uno de éstos.

Cuadro 14. Actores del dominio de Instituciones de enlace y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.

Categoría de Actor	Nombre del Actor	Funciones del sistema a las que más contribuye
Institución Gubernamental	Entes de orden Nacional-Regional <i>Presidencia de la República- Alta Consejería Presidencial para las Regiones, Comité Nacional de Regionalización, Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Pública-Privada, Comisión Nacional de Competitividad e Innovación, Comisiones Regionales de Competitividad e innovación, Consejos Seccionales de Desarrollo Agropecuario</i>	F4. Orientación de la búsqueda F6. Movilización de recursos F7. Creación de legitimidad
	Entes territoriales (municipales y departamentales) <i>Alcaldías, Gobernaciones, Secretarías de Agricultura, Secretarías de Planeación</i>	F1. Actividades empresariales F6. Movilización de recursos F7. Creación de legitimidad
	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR	F4. Orientación de la búsqueda F6. Movilización de recursos F7. Creación de legitimidad
	Agencia de Desarrollo Rural-ADR	F3. Difusión del conocimiento F4. Orientación de la búsqueda F6. Movilización de recursos F7. Creación de legitimidad
	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria- UPRA	F2. Desarrollo de conocimiento F4. Orientación de la búsqueda
	Departamento Nacional de Planeación-DNP	F7. Creación de legitimidad
	Instituto Colombiano Agropecuario-ICA	F3. Difusión del conocimiento F4. Orientación de la búsqueda
	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación-MinCiencias	F4. Orientación de la búsqueda F6. Movilización de recursos F7. Creación de legitimidad
	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-MinTIC	F3. Difusión del conocimiento F6. Movilización de recursos

Categoría de Actor	Nombre del Actor	Funciones del sistema a las que más contribuye
	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo-MinComercio	F1. Actividades empresariales F5. Formación de mercado
	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos-INVIMA	F5. Formación de mercado F7. Creación de legitimidad
	Autoridades ambientales <i>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MinAmbiente, Corporaciones Autónomas Regionales y Desarrollo Sostenible-CAR, Unidades Ambientales Urbanas, Secretaría Distrital de Ambiente, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM</i>	F3. Difusión del conocimiento F7. Creación de legitimidad
Organismo de Cooperación	Agencias de cooperación internacional, Organismos internacionales y Organizaciones no gubernamentales para el desarrollo, con agendas para la cadena de maíz <i>Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional-GIZ, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-OCDE, Fondo Monetario Internacional-FMI, Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional-USAID, Consejo de Granos de los Estados Unidos, Centro Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional-HarvestPlus CGIAR, Servicio Agrícola Exterior-FAS</i>	F6. Movilización de recursos F7. Creación de legitimidad
	Representación Gremial de los productores de maíz <i>Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas-FENALCE y Fondo Nacional Cerealista</i>	F3. Difusión del conocimiento F6. Movilización de recursos F7. Creación de legitimidad

Categoría de Actor	Nombre del Actor	Funciones del sistema a las que más contribuye
Organización de productores y gremios	Gremios relacionados con la cadena de maíz <i>Federación Nacional de Avicultores de Colombia-FENAVI, Asociación Colombiana de Porcicultores-PorkColombia, Federación Colombiana de Ganaderos-FEDEGÁN, Federación Nacional de Cafeteros-FEDECAFÉ, Federación de Fabricantes de Alimentos para Animales y Pequeños y Medianos Productores Pecuarios-Federal, Sociedad de Agricultores de Colombia-SAC, Federación Colombiana de Ingenieros Agrónomos-FIACOL, Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola-Agro-Bio, Asociación de Consumidores Orgánicos-AsoOrgánicos, Asociación Colombiana de Semillas y Biotecnología-Acosemillas</i>	F3. Difusión del conocimiento F6. Movilización de recursos
	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia-ANDI (Cámara de la Industria de Alimentos Balanceados y Cámara de la Industria de Alimentos-Comité Sub sectorial de Derivados del maíz)	F1. Actividades empresariales F5. Formación de mercado F7. Creación de legitimidad
Proveedor de Servicios Financieros	Entidades Bancarias, Incubadoras, Cooperativas de ahorro y Crédito, con soluciones financieras para el maíz <i>Banco Agrario de Colombia S.A, Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario-FINAGRO, Comisión Nacional de Crédito Agropecuario, Sociedad Fiduciaria de Desarrollo Agropecuario-FIDUAGRARIA, Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario-FINAGRO, PROCOLOMBIA, INNPULSA, Banco de Desarrollo Empresarial de Colombia-BANCÓLDEX, Confederación Colombiana de Cámaras de Comercio- Confecámaras, Incubadora Empresarial Colombia Solidaria-GESTANDO, Corporación Interactuar, Eprisma Design, Fundación INNOMAKE, Confederación de Cooperativas de Colombia, InsituBG SAS</i>	F1. Actividades empresariales F6. Movilización de recursos
Proveedor de Servicios Profesionales	Técnicos, tecnólogos y profesionales que prestan sus servicios en el sector agropecuario <i>Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA), Empresas Prestadoras de Servicios de Asistencia Técnica Agropecuaria (EPSAGROS) actualmente Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria (EPSEA)</i>	F3. Difusión del conocimiento

5.1.2. Dominio de Investigación y educación

En el dominio de Investigación y educación se encontraron centros –nacionales e internacionales– de investigación aplicada y de desarrollo tecnológico, universidades, grupos de investigación, instituciones educativas, colegios rurales, y entes de formación y capacitación técnica y tecnológica en temas específicos del sector agropecuario, los cuales en su mayoría desempeñan las funciones relacionadas con la generación de conocimiento científico y procesos de adaptación, difusión y utilización de innovaciones (Cuadro 15).

AGROSAVIA es la principal institución pública de investigación científica y técnica para el sector agropecuario, y ha sido un actor clave en el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, destacándose los siguientes como sus principales logros: i) Desarrollo del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (PECTIA), ii) Creación de dos plataformas electrónicas (Siembra y Linkata), como sistemas de información e interacción para la CTI agropecuaria y iii) Desempeño de funciones de Observatorio del SNIA, midiendo capacidades y su uso potencial para fortalecer la innovación (AGROSAVIA, 2019). Además dentro de su estructura orgánica está la gestión del conocimiento por redes de innovación (hasta el momento han conformado siete), las cuales permiten dinamizar e integrar en los ámbitos nacional y regional las estructuras organizacionales de sistemas productivos (AGROSAVIA, 2021).

En consecuencia, además de contribuir al sistema a través de las funciones de desarrollo y difusión del conocimiento, se destaca su rol en la movilización de recursos para la innovación; siendo la fuente mayoritaria de recursos financieros para el desarrollo de actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación en el 2019 con el 29.67 % de la inversión pública, seguido de fuentes como el Fondo de CTI del Sistema General de Regalías (28.28 %), MADR (14.91 %), SENA (10.76 %), Fondos Parafiscales Agropecuarios-Fondos Nacionales por Subsector (10.29 %), ADR (2.6 %), UPRA (1.65 %), Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (1.65 %) y Colciencias –Actualmente MinCiencias– (0,68 %) (AGROSAVIA, 2020).

Por otro lado, en este dominio también sobresale el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), por ser una de las instituciones con mayor presencia nacional, atendiendo las necesidades de capacitación y formación técnica y tecnológica del sector rural en 1,112 municipios del país, con 32 centros agropecuarios y agroindustriales. Así, a través de programas como Jóvenes rurales emprendedores (actualmente denominado SENA Emprende Rural) llega a las veredas más remotas, y con la estrategia de aulas móviles, permite que las comunidades apartadas y de difícil acceso tengan acceso a la tecnología y el conocimiento. Además, apoya a los emprendedores rurales con el acompañamiento, financiamiento y evaluación de proyectos productivos a través del Fondo Emprender u otras fuentes de financiación (Contreras & Uribe, 2021).

Cuadro 15. Actores del dominio de Investigación y educación y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.

Categoría de Actor	Nombre del Actor	Funciones del sistema a las que más contribuye
Institución de Enseñanza e Investigación	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA	F2. Desarrollo de conocimiento F3. Difusión del conocimiento F6. Movilización de recursos
	Centros de Investigación aplicada y centros de desarrollo tecnológico <i>Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT, Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena Agroalimentaria de los Cereales y las Leguminosas-CENICEL, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Corporación para el Desarrollo Participativo y Sostenible de los Pequeños Productores Rurales-PBA, Corporación Colombia Internacional-CCI, Corporación CorpoGen, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria-CIPAV, Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca-CREPIC</i>	F2. Desarrollo de conocimiento F3. Difusión del conocimiento F4. Orientación de la búsqueda
	Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA	F1. Actividades empresariales F2. Desarrollo de conocimiento F3. Difusión del conocimiento F6. Movilización de recursos
	Instituciones con programas de formación técnica y tecnológica afines al sector agropecuario <i>Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas, Universidad de Antioquia, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo, Universidad Nacional Abierta y a Distancia</i>	F2. Desarrollo de conocimiento F3. Difusión del conocimiento
Universidades que ofrecen carreras en Ciencias Agrarias, Pecuarias y afines, y/o con incubadoras de fomento al emprendimiento rural <i>Universidades Nacionales: Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Universidad de La Salle, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad Nacional Abierta y a Distancia</i>	F1. Actividades empresariales F2. Desarrollo de conocimiento	

Categoría de Actor	Nombre del Actor	Funciones del sistema a las que más contribuye
	<i>Universidades Regionales: Universidad del Magdalena, Universidad de Sucre, Universidad del Valle, Universidad de los Llanos, Universidad de Caldas, Fundación Universitaria Juan De Castellanos, Universidad de Córdoba, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Universidad del Tolima, Universidad de Nariño, Universidad Industrial de Santander, Universidad Católica de Oriente, Universidad de Cundinamarca, Universidad del Pacífico, Universidad Francisco de Paula Santander, Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo, Universidad del Cauca, Universidad del Magdalena, Universidad de Pamplona, Universidad del Magdalena, Universidad de la Amazonia, Universidad Tecnológica del Chocó, Instituto Universitario de La Paz, Corporación Universitaria de Santa Rosa de Cabal</i>	
	<p>Grupos de Investigación afines al sector agropecuario <i>1,080 grupos, 18.71 % del total nacional (5,772 grupos de investigación reconocidos por MinCiencias en la Convocatoria 833 de 2018). 141 grupos que abordan la cadena de alimentos balanceados.</i></p>	F2. Desarrollo de conocimiento
	<p>Instituciones educativas (nivel básica y media) y colegios rurales y con enfoque agropecuario <i>8,371 instituciones ubicadas en áreas rurales, 25.34 % del total nacional (33,034 colegios registrados en 2020 ante el Ministerio de Educación). 1,207 colegios agropecuarios activos</i></p>	F3. Difusión del conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Dominio de Demanda

Como cadena productiva del sector agroindustrial, la cadena del maíz en Colombia comprende tres grandes componentes: i) Producción primaria, ii) comercialización y procesamiento, y iii) Comercio y consumo. La producción nacional de maíz atiende el 19 %, mientras que el 81 % restante se cubre a través de importaciones (UPRA, 2021). En relación al uso, el 26.2 % del maíz se destina a procesos orientados al consumo humano (maíz entero, trillado, salvado y subproductos industriales como harina precocida, almidón y sus derivados), el 72.2 % al consumo animal (alimento balanceado para aves, cerdos y otros segmentos pecuarios) y el 1.6% a otros usos; frente a éste último aspecto conviene subrayar que Colombia ha sido tímida en la ampliación del portafolio de subproductos del maíz, como en las líneas de biocombustibles y biomateriales, lo que refleja las deficiencias en investigación y transferencia de tecnología industrial, al ser uno de los países que menor uso tienen del maíz para necesidades diferentes al de la alimentación humana y animal, comparado por ejemplo con Estados Unidos o Argentina en el que el maíz destinado a otros usos superan el 52 % y 22 %, respectivamente (UPRA, 2021; UPRA, 2020b).

Asimismo, en los últimos años se ha reportado que la comercialización de la producción de maíz nacional presenta altos niveles de informalidad, disminuyendo los recursos para direccionar acciones estratégicas. En cuanto al comercio formal, que hace referencia al pago del productor de la cuota de fomento, en el que el comprador la retiene y la consigna al Fondo Nacional Cerealista, 13 de los 15 mayores recaudadores son agentes trilladores, comerciantes y fabricantes de harina precocida, encabezando la lista Agropecuaria Aliar S.A.-La Fazenda, que es la única empresa que usa maíz nacional directo para la elaboración de alimento balanceado, y sobresale en el país por su modelo de integración vertical, que incluye desde la siembra de maíz y soya, hasta la comercialización de carne de cerdo a través de la marca La Fazenda (UPRA, 2021).

Por su parte, en Colombia el mercado de productos transformados a partir de maíz se concentra en pocas empresas; así CONTEGRAL S.A.S, ITALCOL S.A y SOLLA S.A participan con el 83 % del mercado de alimentos balanceados, mientras que Harinera del Valle, Ingredion y Alimentos Polar acumulan el 60 % del mercado de productos para el consumo humano.

Estas empresas junto a las demás relacionadas con el procesamiento y transformación del maíz, comercializadores del mercado local y de exportación, centros de acopio, distribuidores, clientes finales y grupos sociales fueron identificados en el dominio de Demanda, contribuyendo a la función de formación de mercado y en algunos casos desarrollando actividades empresariales y de fomento al emprendimiento, difusión del conocimiento, movilización de recursos y creación de legitimidad (Cuadro 16).

Cuadro 16. Actores del dominio de Demanda y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.

Categoría de Actor	Nombre del Actor	Funciones del sistema a las que más contribuye
Cliente, Centro de Acopio, Comercial, Agroindustria	Empresas relacionadas con el procesamiento y transformación del grano; elaboración de productos alimenticios o concentrados para animales <i>Agropecuaria Aliar S.A.-La Fazenda, CONTEGRAL, Solla S.A. Trilladores y comerciantes: AGROINSUMOS S.A.S., SUPERGRANOS DISTRIBUCIONES SAS, AGROCEREALES DEL VALLE S.A, DIANA AGRICOLA SAS, GRANYPROC LTDA, TRANSPORTADORA Y COM. EL MOLINO S.A, y fabricantes de harina precocida ALIMENTOS POLAR COLOMBIA SAS, SOBERANA SAS, BAGGRIT DE COLOMBIA S.A.</i>	F3. Difusión del conocimiento F5. Formación de mercado F6. Movilización de recursos
	Comercializadores del mercado local y de exportación, centros de acopio, mayoristas, distribuidores, vendedores, central de abastos, supermercados, tiendas. <i>Harinera del Valle, Ingredion, Alimentos Polar, Organización Solarte, Molinos del Atlántico, Kellogg's, Bolsa Mercantil de Colombia</i>	F1. Actividades empresariales F5. Formación de mercado F6. Movilización de recursos
Grupos de interés social	Colectivos sociales para la defensa y preservación de la biodiversidad <i>Red de Semillas Libres-Grupo Semillas, Red de Guardianes de Semillas de Vida, Colectivo de Abogados José Alvear Restrepo, Semilla Nativa Colombia, Corporación Custodios de Semillas Bogotá</i>	F5. Formación de mercado F7. Creación de legitimidad

5.1.4. Dominio de Empresas

El dominio de Empresas comprende a los productores y a sus familiares, las asociaciones de productores, y demás actores de la cadena de suministro, como proveedores de insumos, genética y maquinaria, quienes teniendo en cuenta sus interacciones de manera directa y con mayor frecuencia con los productores, contribuyen de manera significativa en la función de difusión del conocimiento a través de redes (Cuadro 17).

Cuadro 17. Actores del dominio de Empresas y su rol en el Sistema Nacional de Innovación del maíz.

Categoría de Actor	Nombre del Actor	Funciones del sistema a las que más contribuye
Empresa rural	Pequeños, medianos y grandes productores de maíz, del sistema tradicional o tecnificado, familiares de éstos y asociaciones de productores de la cadena del maíz	F2. Desarrollo de conocimiento F3. Difusión del conocimiento
Proveedor de insumos, genética y maquinaria	Proveedores de insumos como semillas, fertilizantes, agroquímicos, así como Proveedores de maquinaria y equipos <i>Maxi Semillas SAS, Semillas Valle SA, Semillas Guerrero Asociados, Agritech Seeds SAS, Agropecuaria y Comercializadora del Meta SA, Agrosemillas SA, SEMICOL SAS, Agroinsumos SAS, DuPont, Monsanto, Syngenta, Bayer Cropscience, Corteva Agriscience, Yara Colombia, Vecol, Casa Toro, Moto Mart SA., Diabonos, Fundación Manuel Mejía, Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola</i>	F2. Desarrollo de conocimiento F3. Difusión del conocimiento F4. Orientación de la búsqueda F5. Formación de mercado

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la interacción y coordinación entre los actores del sistema de innovación del maíz, en varios reportes se señalan las problemáticas que se presentan al respecto. Por ejemplo, en los documentos generados por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) en el marco del Plan de Ordenamiento Productivo para la Cadena de Maíz, se evidencia el escenario de una institucionalidad asociada diversa y compleja, que en términos generales se caracteriza por estar desarticulada y no contar con espacios de coordinación, concertación y dialogo (UPRA, 2020b). Las relaciones entre agentes y eslabones de la cadena se caracterizan por la incomunicación, polarización, discrepancias y falta de confianza; el único tema que parece congrega es el de la formación de precio de corto plazo (UPRA, 2021).

Aunado a lo anterior, el maíz no cuenta con una cadena productiva propia que fomente el crecimiento y desarrollo integral de este cultivo en Colombia, en el caso particular del maíz amarillo por ser un componente primario para la industria de alimentos balanceados está asociado a la cadena de cereales, alimentos balanceados, avicultura y porcicultura, no obstante, el resto de los maíces, como el blanco, no se encuentran integrados a ninguna cadena productiva (UPRA, 2020b). Aun cuando como lo precisa en su diagnóstico la UPRA, “la del maíz fue una de las primeras cadenas productivas en tener una organización, en el marco de la política nacional de competitividad. Contó con un Acuerdo Sectorial de Competitividad, pero se rompió la incipiente organización por disputas comerciales cuando se liberó la importación del grano, a la entrada en vigencia el TLC con Estados Unidos” (UPRA, 2021; p. 179).

Por último, frente al desempeño institucional y normativo del sector maicero en Colombia, los actores han identificado los siguientes desafíos: i) Inexactitud en la definición de competencias institucionales, ii) Cadena de maíz desarticulada y sin alineación estratégica para competir y generar balances económicos, sociales y ambientales deseables, iii) Diferentes retos en materia de asociatividad, planificación y organización de la cadena, iv) Limitado conocimiento de las economías circulares en torno a la cadena del maíz por parte de los diferentes

actores, v) Baja presencia institucional del sector y de espacios de discusión y concertación (UPRA, 2021).

5.2. Sistema Regional de Innovación del maíz

Se utilizó el departamento para delimitar el sistema de innovación en la escala regional, el cual es la unidad territorial de primer nivel en Colombia; con autonomía para la administración de los asuntos seccionales y ejercen funciones de intermediación entre la nación y los municipios (Corte Constitucional, 2010; Art. 298). Así, Córdoba, Meta y Tolima, fueron los departamentos seleccionados para el análisis; los cuales se destacan por sus cifras en área sembrada, rendimiento y producción del maíz, aunado a que en estas zonas se pueden observar de manera alterna los dos grandes sistemas de producción que existen en Colombia: el tecnificado y el tradicional, y la siembra tanto de maíz amarillo como blanco.

Para comprender la dinámica de estos sistemas territoriales de innovación, se inicia con una caracterización de los productores entrevistados y de las redes que han establecido (técnicas, de proveeduría y de venta) con sus pares y con los actores de los otros dominios del sistema.

5.2.1. Caracterización de los productores y de su unidad de producción

En el Cuadro 18 se presentan los estadísticos descriptivos de las variables escalares analizadas, para avanzar en la caracterización de los productores entrevistados. En términos generales, se observa una variabilidad media en los datos, a excepción de las cifras reportadas para la variable de superficie sembrada, por el amplio rango que existe entre las observaciones, teniendo en cuenta que se encuestaron a productores de los dos sistemas de producción; el tradicional se caracteriza por utilizar pequeñas extensiones para la siembra de maíz, mientras que en el tecnificado se destacan los monocultivos de más de cinco hectáreas. Así, por ejemplo en Córdoba se encontraron pequeños

productores con superficies de una hectárea, hasta los que manejan grandes extensiones (400 hectáreas).

Con relación a la edad, se encontraron en las tres zonas productores de diferentes grupos etarios, desde jóvenes de 20 años a adultos mayores de 89 años, y con una edad promedio de 50 años. Estos resultados coinciden con el panorama general del sector, en el que la edad que predomina entre los productores en Colombia es de 50 a 54 años, y a nivel específico para el maíz, la mayoría de los encuestados (37 %) señaló pertenecer al grupo catalogado como adultos (27 a 59 años) (DANE, 2014).

Cuadro 18. Estadísticos descriptivos de las características del productor y de la unidad de producción por departamento.

Departamento	Estadístico	Edad (años)	Escolaridad (años)	Superficie sembrada (ha)	Rendimiento (t/ha)
Córdoba n=285	Mínimo	20	0	1	4.00
	Máximo	82	18	400	8.90
	Media	51.19	8.09	12.81	5.78
	Desviación	13.31	4.90	34.73	0.87
	CV (%)	26.01	60.54	271.18	14.99
Meta n=266	Mínimo	23	0	1	5.00
	Máximo	89	18	160	9.30
	Media	48.86	8.17	14.32	6.81
	Desviación	13.12	4.81	19.18	0.69
	CV (%)	26.85	58.89	133.96	10.17
Tolima n=207	Mínimo	20	0	1	2.50
	Máximo	88	17	100	8.10
	Media	49.93	7.96	12.87	5.62
	Desviación	14.18	4.50	14.95	1.33
	CV (%)	28.40	56.56	116.10	23.66
Total n=758	Mínimo	20	0	1	2.50
	Máximo	89	18	400	9.30
	Media	50.03	8.09	13.35	6.10
	Desviación	13.51	4.76	25.35	1.10
	CV (%)	27.00	58.85	189.81	18.02

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

Para la variable de escolaridad, en promedio los productores de los tres departamentos se caracterizaron por culminar sus estudios de básica primaria, sin embargo no completaron su esquema de educación básica, el cual comprende según el sistema educativo en Colombia cinco grados (primaria) y cuatro grados (secundaria). Además, en las tres zonas analizadas se reportaron productores que no han recibido ningún grado de escolaridad, y de manera contrastante productores que registran estudios universitarios y de postgrado.

Esta información concuerda con el Censo Nacional Agropecuario, en el cual se reporta que el mayor nivel educativo alcanzado por el 57.4 % de los productores rurales censados es el de básica primaria. En segundo lugar, aparece el nivel de *Ninguno* señalado por el 19.2 % del total de productores, mientras que en promedio solo el 2.1 % de los productores tienen nivel educativo universitario y de postgrado; siendo este último de 3.1 % en el departamento del Meta, seguido por 2.2 % en Córdoba y de 1.5 % en el Tolima (DANE, 2016).

No se encontraron diferencias significativas entre departamentos para los valores promedio de edad, escolaridad y superficie sembrada (Cuadro 19). Por lo que en definitiva, el perfil de los productores entrevistados es de adultez media (48 a 51 años) y escolaridad de secundaria incompleta (8 años). Referente a las características de la unidad de producción, se registran superficies de 12 a 14 hectáreas en promedio y rendimientos que oscilan entre 2.50 a 9.30 toneladas por hectárea, éste último corresponde al departamento del Meta, en el que se presentan los mayores rendimientos.

Cuadro 19. Promedios de las variables escalares relacionadas con las características del productor y de la unidad de producción por departamento.

Variable	Córdoba	Meta	Tolima
Edad (años)	51.19a	48.86a	49.93a
Escolaridad (años)	8.09a	8.17a	7.96a
Superficie sembrada (ha)	12.81a	14.32a	12.87a

Rendimiento (t/ha)	5.78a	6.81b	5.62a
--------------------	-------	-------	-------

Medias con diferente literal son significativamente diferentes ($p < 0.01$) entre departamentos, según la prueba de Scheffé.

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

Con respecto a las variables categóricas de la unidad de producción, los productores de maíz entrevistados se caracterizaron por sembrar organismos genéticamente modificados (OGM), utilizar predios arrendados y predominó el cultivo de secano y la maquinaria contratada (Cuadro 20).

Cuadro 20. Promedios de las variables categóricas relacionadas con las características de la unidad de producción por departamento.

Variable	Córdoba	Meta	Tolima
Tipo de semilla-OGM (%)	66.32	97.37	88.41
Tenencia tierra-Arrendada (%)	54.39	60.15	61.35
Régimen hídrico-Secano (%)	99.30	99.62	63.29
Maquinaria-Contratada (%)	83.86	78.57	91.79

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

En 2019, Colombia reportó un total de 100,256 hectáreas sembradas utilizando organismos genéticamente modificados, de las cuales 87,335 hectáreas fueron en maíz (87 %). Particularmente, los departamentos en los que se focalizó la investigación son considerados líderes en la adopción de esta tecnología de mejoramiento de cultivos, con un total de 61,904 hectáreas sembradas de maíz transgénico por los productores del Meta (28,655 ha), Tolima (18.529 ha) y Córdoba (14.720 ha) (Agro-Bio, 2021).

5.2.2. Dinámica de Innovación

Para establecer si había diferencias en el nivel de innovación de los productores encuestados, se calculó el Índice de Adopción de Innovaciones (INAI) promedio para cada uno de los departamentos analizados. A través de la Prueba de Scheffé se pudo establecer que Córdoba presenta el valor más bajo en este

indicador (64.69 %), mientras que Meta y Tolima no presentaron diferencias significativas en su INAI promedio (Cuadro 21).

Cuadro 21. Comparativo del Índice de Adopción de Innovaciones (INAI) entre departamentos analizados.

Variable	Córdoba	Meta	Tolima
INAI promedio (%)	64.69a	70.96b	73.52b

Medias con diferente literal son significativamente diferentes ($p < 0.01$) entre departamentos, según la prueba de Scheffé.

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

Estos resultados coinciden con lo reportado en la Encuesta Nacional Agropecuaria, en donde Córdoba –de los departamentos priorizados para esta investigación– fue el que reportó la menor cantidad de Unidades de Producción Agropecuarias que introdujeron alguna innovación en sus procesos productivos, productos, comercialización o administración con el 3.2 % (1,819 UPA) de las 56,919 UPA que existen en este departamento. En Tolima por su parte, el 7.29 % de las 116,835 UPA totales señalaron que introdujeron alguna innovación, mientras que en el Meta este valor ascendió al 10.48 % (4,388 de 41,837 UPA) (DANE, 2019).

Por otro lado y con el fin de complementar los resultados del INAI, se procedió a determinar el porcentaje de productores que adoptaban cada una de las 16 buenas prácticas tecnológicas o innovaciones que es recomendable incorporar en la producción en maíz, a través de la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI). De esta forma, el 99.65 % de los productores de Córdoba adoptaron las prácticas de Fecha adecuada de siembra, Fracciona Nitrógeno, y Fracciona Potasio, mientras que la práctica de Calicata y profundidad efectiva solo fue incorporada por 4 de los 285 productores entrevistados (1.40 %) en esta zona. Con respecto al panorama de adopción en el Meta, la práctica de Densidad de siembra y la de Análisis de suelo fue realizada por el 91.73 % y 35.71 % de los productores respectivamente. En el Tolima, se reportó que la Fecha adecuada de siembra fue incorporada por el total de productores entrevistados como parte del

establecimiento del cultivo, contrario a la práctica de Siembra directa la cual fue implementada por solo el 4.83 % de los productores.

Como se observa, el escenario de adopción difiere entre departamentos, no solo entre las prácticas que se incorporan en mayor o menor medida por parte de los productores, sino por las fuentes de información de las cuales aprendieron cada una de éstas. En el Cuadro 22 se realiza un comparativo entre departamentos de la Tasa de Adopción de Innovaciones y la Fuente de información principal que refirieron para cada práctica.

Cuadro 22. Comparativo de la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI) y Fuente de información principal entre departamentos analizados.

Innovación / buena práctica tecnológica	Córdoba		Meta		Tolima	
	TAI (%)	Fuente principal	TAI (%)	Fuente principal	TAI (%)	Fuente principal
Fecha adecuada de siembra	99.65	Familiares	81.95	Familiares	100.00	Organización de Productores
Calicata y profundidad efectiva	1.40	Institución de Enseñanza e Investigación	40.60	Familiares	10.14	Proveedor de Servicios Profesionales
Siembra directa	69.82	Proveedor de Servicios Profesionales	36.47	Familiares	4.83	Proveedor de Servicios Profesionales
Labranza convencional	37.19	Proveedor de Servicios Profesionales	72.93	Familiares	74.88	Productor
Análisis de suelo	1.75	Institución de Enseñanza e Investigación	35.71	Proveedor de Servicios Profesionales	24.64	Proveedor de Servicios Profesionales
Semilla certificada	97.89	Proveedor de Servicios Profesionales	84.59	Proveedor de Insumos	85.99	Proveedor de Insumos
Protección adicional a la semilla	96.14	Proveedor de Servicios Profesionales	76.32	Proveedor de Insumos	77.78	Proveedor de Insumos
Densidad de siembra	94.74	Proveedor de Servicios Profesionales	91.73	Proveedor de Insumos	74.88	Proveedor de Servicios Profesionales
Fertilización balanceada a la siembra	46.67	Proveedor de Servicios Profesionales	87.22	Organización de Productores	83.57	Proveedor de Insumos

Innovación / buena práctica tecnológica	Córdoba		Meta		Tolima	
	TAI (%)	Fuente principal	TAI (%)	Fuente principal	TAI (%)	Fuente principal
Fracciona Nitrógeno	99.65	Proveedor de Servicios Profesionales	79.70	Organización de Productores	83.57	Proveedor de Insumos
Fracciona Potasio	99.65	Proveedor de Servicios Profesionales	74.81	Organización de Productores	89.37	Proveedor de Insumos
Monitoreo de malezas	96.84	Proveedor de Servicios Profesionales	84.59	Proveedor de Servicios Profesionales	97.58	Productor
Monitoreo de plagas	98.60	Proveedor de Servicios Profesionales	88.72	Proveedor de Servicios Profesionales	97.58	Productor
Monitoreo de enfermedades	88.42	Proveedor de Servicios Profesionales	81.20	Proveedor de Servicios Profesionales	97.58	Productor
Población a cosecha	3.16	Institución de Enseñanza e Investigación	61.28	Proveedor de Servicios Profesionales	86.47	Productor
Calibra cosechadora	3.51	Institución de Enseñanza e Investigación	57.52	Familiares	87.44	Productor

Fuente: Elaboración propia a partir de información recolectada en campo.

Este tipo de análisis en los que se utilizan los indicadores del INAI y el TAI, es el que frecuentemente se utiliza para medir la conducta innovadora de los productores, porque entre otras cosas facilita el proceso de comparación. No obstante, presenta varias limitaciones que pueden afectar y condicionar las estrategias que se implementan a partir de estos resultados, al asumir que todas las prácticas son iguales y que requieren de los mismos recursos para su adopción.

En este sentido, y con el fin de avanzar con mayor precisión en la identificación de brechas de innovación y de estrategias diferenciadas para la adopción/difusión, conviene preguntarse: ¿Qué implica cada una de las prácticas tecnológicas?, ¿Quién debería estar promoviendo su adopción?, ¿Qué características tienen esas innovaciones?, ¿Qué recursos se necesitan para la incorporación en el sistema productivo? Esto permitirá distinguir entre aquellas buenas prácticas que su proceso es más mecánico, o que implican la compra de insumos o materiales, en las que basta con tomar la decisión de implementarla y se finaliza el proceso de adopción; en contraste con innovaciones con un mayor grado de complejidad para su adopción y que requieren planeación, prospectiva, reflexión, inversión y/o un alto nivel de conocimiento técnico y de competencias específicas.

Este proceso de categorización reflexiva permitirá medir la innovación no solo a partir del número sino del tipo de innovaciones que un productor logró adoptar. De esta forma, en el Cuadro 23 se presenta parte de esta propuesta, relacionando para cada buena práctica tecnológica o innovación la fuente de la que deberían estar aprendiendo los productores, los recursos –financieros, de mano de obra, maquinaria– y de tiempo (proceso de planeación-prospección) que se requieren.

Adicionalmente, en la última columna se identifican las características que presenta cada innovación según la percepción que tiene de ella el potencial adoptante, de acuerdo a las cinco establecidas por Everett Rogers que pueden explicar las diferencias en la tasa de adopción, las cuales son: i) Ventaja Relativa

(*Relative advantage*), la innovación es mejor/superior a la que reemplaza, por lo que puede medirse en términos económicos, prestigio social, conveniencia y satisfacción, ii) Compatibilidad (*Compatibility*), consistente y compatible con los valores existentes, experiencias previas y necesidades de los receptores, iii) Complejidad (*Complexity*), dificultad que tiene la innovación para ser comprendida y utilizada, iv) Experimentación (*Trialability*), facilidad para probar/ensayar en una muestra o por partes antes de adoptar, v) Observabilidad (*Observability*), que tan visibles/fáciles de observar son los resultados de la adopción de una innovación para los demás (Rogers, 1995: pp. 15-16).

Cuadro 23. Características de las innovaciones analizadas para el cultivo del maíz.

Innovación / Buena práctica tecnológica	Fuente de información ideal	Conocimiento técnico requerido	Nivel de Inversión en capital	Nivel de Inversión en mano de obra / maquinaria	Proceso de Planeación	Características percibidas de la innovación
Fecha adecuada de siembra	Institución Gubernamental	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Ventaja Relativa Compatibilidad Complejidad Baja Observabilidad
Siembra directa	Proveedor de Servicios Profesionales	Medio	Bajo	Alto	Alto	Ventaja Relativa Compatibilidad
Semilla certificada	Institución Gubernamental	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Ventaja Relativa Complejidad Baja Experimentación Observabilidad
Densidad de siembra	Proveedor de Servicios Profesionales	Medio	Bajo	Alto	Medio	Ventaja Relativa Compatibilidad Observabilidad
Población a cosecha	Proveedor de Servicios Profesionales	Medio	Bajo	Alto	Medio	Ventaja Relativa Compatibilidad Observabilidad
Análisis de suelo	Institución de Enseñanza e Investigación	Alto	Alto	Medio	Alto	Ventaja Relativa Compatibilidad
Fertilización balanceada a la siembra	Proveedor de Servicios Profesionales	Medio	Alto	Alto	Medio	Ventaja Relativa Compatibilidad Complejidad Baja Observabilidad

Innovación / Buena práctica tecnológica	Fuente de información ideal	Conocimiento técnico requerido	Nivel de Inversión en capital	Nivel de Inversión en mano de obra / maquinaria	Proceso de Planeación	Características percibidas de la innovación
Fraccióna nitrógeno	Proveedor de Servicios Profesionales	Medio	Alto	Alto	Medio	Ventaja Relativa Compatibilidad Complejidad Baja Experimentación Observabilidad
Fraccióna potasio	Proveedor de Servicios Profesionales	Medio	Alto	Alto	Medio	Ventaja Relativa Compatibilidad Complejidad Baja Experimentación Observabilidad
Protección adicional a la semilla	Proveedor de Servicios Profesionales	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Ventaja Relativa Complejidad Baja Experimentación Observabilidad
Monitoreo de malezas	Institución Gubernamental	Alto	Bajo	Alto	Alto	Ventaja Relativa Compatibilidad Observabilidad Experimentación
Monitoreo de plagas	Institución Gubernamental	Alto	Bajo	Alto	Alto	Ventaja Relativa Compatibilidad Observabilidad Experimentación
Monitoreo de enfermedades	Institución Gubernamental	Alto	Bajo	Alto	Alto	Ventaja Relativa Compatibilidad Observabilidad Experimentación

Innovación / Buena práctica tecnológica	Fuente de información ideal	Conocimiento técnico requerido	Nivel de Inversión en capital	Nivel de Inversión en mano de obra / maquinaria	Proceso de Planeación	Características percibidas de la innovación
Calibra cosechadora	Proveedor de Equipo	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Ventaja Relativa Compatibilidad Experimentación
Calicata y profundidad efectiva	Institución de Enseñanza e Investigación	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Ventaja Relativa Compatibilidad
Labranza convencional	Organización de Productores	Medio	Bajo	Alto	Alto	Ventaja Relativa

Fuente: Elaboración propia.

Así pues, a partir de lo anterior se puede inferir que posiblemente debido a su complejidad y a la necesidad de un conocimiento técnico especializado que provenga de actores externos al sistema –como alguna institución de Enseñanza e Investigación–, prácticas como las de la Calicata y profundidad efectiva y Análisis de suelos, fueron las menos adoptadas por parte de los productores de los tres departamentos analizados.

A nivel nacional, por ejemplo, se reporta que sólo el 22.1 % del total de productores de maíz amarillo sin pérdida de cosecha que fertilizan, basan su Plan en un análisis de suelo y en los requerimientos nutricionales del cultivo, mientras que el 77.9 % realiza la fertilización del cultivo a criterio del productor o administrador de la finca. Este panorama es similar en productores de maíz blanco, en el que el 32.8 % utiliza el análisis de suelo y requerimientos nutricionales del cultivo para establecer el Plan de Fertilización (DANE, 2019).

Por otro lado, se percibe que todas las innovaciones analizadas tienen algún grado de superioridad respecto a las prácticas preexistentes, ya sea por alguna ventaja económica (utilidad/beneficio económico/inversión inicial de adopción bajo), ahorro de tiempo y/o esfuerzo, inmediatez en los resultados, funcionalidad, cumplimiento de la normativa, entre otros; lo cual influye de manera positiva en su proceso de adopción, teniendo en cuenta que dentro de las cinco características, la ventaja relativa ha sido reportada como el mayor predictor de la aceptación de una innovación en un contexto específico (Ochoa & Peña, 2012).

5.2.3. Análisis de las Redes de Innovación

Se procedió al análisis gráfico y de indicadores de las redes de innovación derivadas de la fusión de la red técnica, de proveeduría y de venta de cada uno de los departamentos. De esta manera, para iniciar con la estructura de estas redes, en el Cuadro 24 se presenta el comparativo por departamento del número de actores encontrados en cada categoría y dominio del sistema, resaltando de ello, que la Red de Meta estuvo conformada por 12 diferentes tipologías de actor, en contraste con el departamento de Tolima, en el que no se referenciaron actores de la categoría de institución de enseñanza e investigación y de proveedor de equipo, lo cual no significa que no hagan parte del sistema de innovación, sino que no se encontraron vínculos de tipo técnico o comercial con los productores de maíz encuestados en esta zona en particular. Aun cuando es importante destacar que en cultivos asociados como el frijol que también se encuestaron, fueron reconocidos como fuentes para la innovación la Universidad del Tolima y AGROSAVIA en otro municipio de Tolima, llamado Cajamarca.

Este punto, da lugar a precisar el alcance y las limitaciones de los resultados de esta investigación, ya que si bien permiten una aproximación a la dinámica de los territorios en cuanto a su sistema de innovación desde la perspectiva de los productores, no son concluyentes frente al desempeño de los actores en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación; puesto que no se encuestaron a todos los actores involucrados, ni se abordaron la totalidad de municipios en cada departamento.

Cuadro 24. Número de actores identificados para cada categoría en la Red de innovación (técnica y comercial) por departamento.

Dominio del Sistema	Categoría de Actor	Córdoba	Meta	Tolima
Empresas	Productor o Empresa Rural	285	266	207
	Familiar	148	80	28
	Funciones Múltiples	16	25	29
	Proveedor de Equipo	3	1	0
	Proveedor de Insumos	23	54	24

Investigación y Educación	Institución de Enseñanza e Investigación	4	5	0
Instituciones de enlace	Institución Gubernamental	3	2	2
	Organización de Productores	13	4	3
	Proveedor de Servicios Profesionales	76	27	39
Demanda	Cliente Intermediario	47	40	25
	Cliente Final	0	2	1
	Centro de Acopio, Comercial y/o Agroindustria	10	5	3

Fuente: Elaboración propia a partir de de información recolectada en campo.

En segunda instancia, a través del Análisis de Redes Sociales se abordó la dinámica de interacción entre estos actores, de manera cuantitativa y gráfica con la visualización de la Red de Córdoba (Figura 11), Meta (Figura 12), y Tolima (Figura 13). De ello, a nivel general se permite inferir que son redes con baja densidad con valores que no representan ni el 1 % de todas las interacciones posibles, con relativa centralización ya que no hay un único actor que esté concentrando los flujos de la Red y en las que predomina el tipo de interacción heterofílica (indicador de diversidad con tendencia a 1) puesto que el productor referenció tanto a sus pares, como a agentes externos como fuentes para la innovación (Cuadro 25).

Cuadro 25. Indicadores de la Red de Innovación (técnica y comercial) por departamento.

Indicador	Córdoba	Meta	Tolima
Encuestados	285	266	207
Referidos	343	245	154
Nodos totales	628	511	361
Relaciones	1144	1069	875
Densidad (%)	0.29	0.40	0.67
Grado de entrada promedio	1.82	2.09	2.42
Centralización de entrada (%)	13.77	17.27	39.16
Diversidad (E-I Index)	0.84	0.83	0.92

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en UCINET.

A nivel particular, la Red de Córdoba presentó el menor número de vínculos promedio por productor (1.82) frente a los otros departamentos, de ahí que aunque no se observaron nodos aislados, es limitado el relacionamiento entre los 285 productores encuestados y sus 343 referidos.

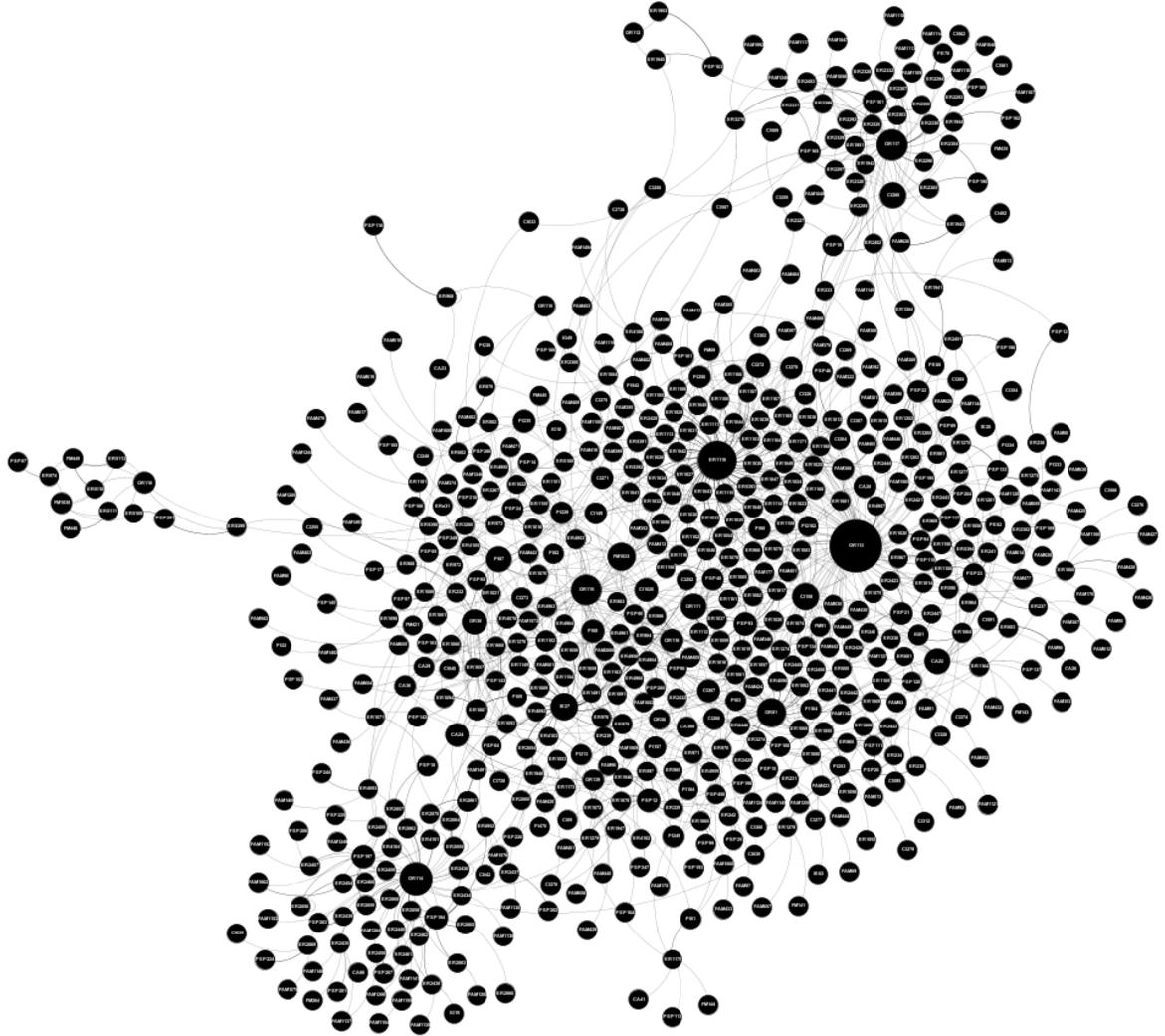


Figura 11. Red de innovación (técnica y comercial) de los productores de maíz en Córdoba.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gephi.

En Córdoba predominaron como fuente de información para la innovación algunas agremiaciones (OR113, OR110, OR114, OR115, OR116, OR117), que además de brindar asesoramiento técnico apoyan a los pequeños y medianos

productores con créditos para la siembra del maíz y compra de insumos, los cuales pagan con la misma cosecha, por lo que este actor funge también como comercializador en la zona. Por ejemplo, Agroinsumos La Central (OR113) es el actor con el mayor valor en el indicador de centralidad de grado a partir de sus vínculos de entrada (Cuadro 26), puesto que concentra los flujos tanto de información, por su rol de acompañamiento en la producción de maíz, como los flujos de proveeduría y venta, al ofrecer también estos servicios como parte de su modelo de integración vertical.

Cuadro 26. Centralidad de grado de Actores clave de la Red de Innovación (técnica y comercial) en Córdoba.

Actor	Centralidad de entrada	Centralidad de entrada Normalizada
Agroinsumos La Central (OR113)	88	14.03
Universidad de Córdoba (IE27)	22	3.51
José Felipe Galeano Banda (ER1110)	51	8.13
Agroinsumos San Carlos (OR114)	36	5.74
Cultivos y Potreros de la Costa (OR116)	41	8.04
Insumos Tierraltica (OR117)	31	4.94
COOPIAGROS (OR115)	29	4.62
FENALCE (OR01)	25	3.99
Cooperativa Colanta (FM1033)	23	3.67
Aris Cruz (CI150)	20	3.19

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en UCINET.

En relación al análisis para el Meta, en la Figura 12 se observa el grafo con la dinámica de interacción –de flujos técnicos y comerciales– entre los 266 productores encuestados y sus 245 actores referidos.

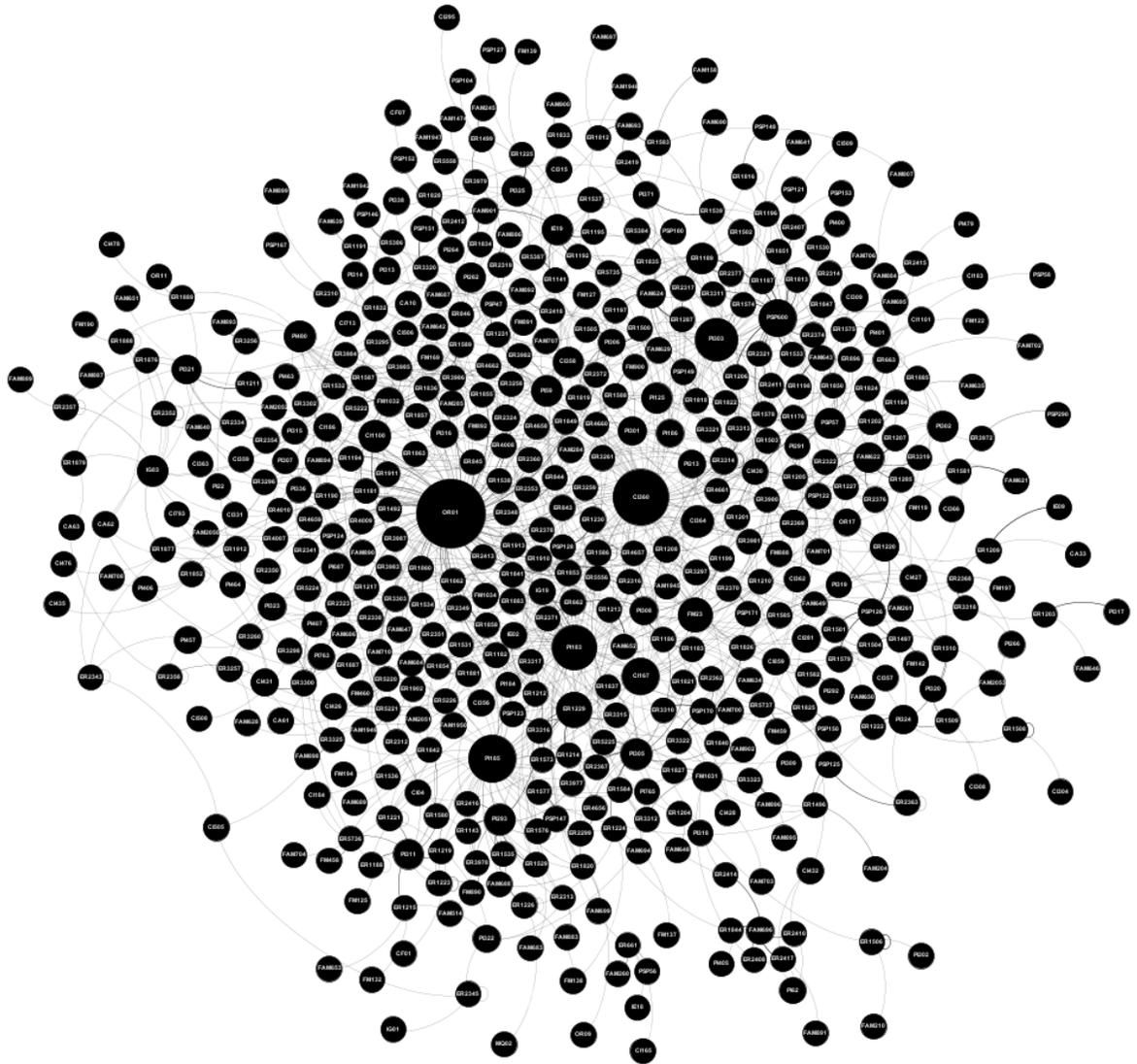


Figura 12. Red de innovación (técnica y comercial) de los productores de maíz en Meta.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gephi.

De ahí, que se procedió al cálculo del indicador de centralidad de grado para identificar los nodos que se destacan en el grafo con un tamaño superior y que están concentrando la mayoría de los flujos de la Red en el Meta (Cuadro 27).

Cuadro 27. Centralidad de grado de Actores clave de la Red de Innovación (técnica y comercial) en Meta.

Actor	Centralidad de entrada	Centralidad de entrada Normalizada
FENALCE (OR01)	90	17.65
Carlos Bohórquez (CI360)	63	12.35
AGROFUTURO (PI185)	46	9.02
Agringra (PI303)	37	7.25
Insumos y granos Fernando (PI183)	41	8.04
Nicanor Cárdenas (PSP600)	26	5.10
SIAGRO (FM23)	20	3.92
Diana Cruz (CI167)	25	4.90
William Pasto (CI364)	15	2.94
Guillermo Valderrama Herrera (ER1229)	21	4.12
José Afanador (CI1100)	15	2.94

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en UCINET.

Por su parte, la Red de Tolima se destacó frente a los otros departamentos analizados, ya que presentó un mayor número de vínculos promedio por productor y por ende un valor superior en la densidad de la Red, sin embargo también fue la más centralizada, por lo que estos flujos están siendo dominados por pocos actores, los cuales se pueden observar claramente en el grafo (Figura 13), representados con un tamaño de nodo análogo a su centralidad en la Red.

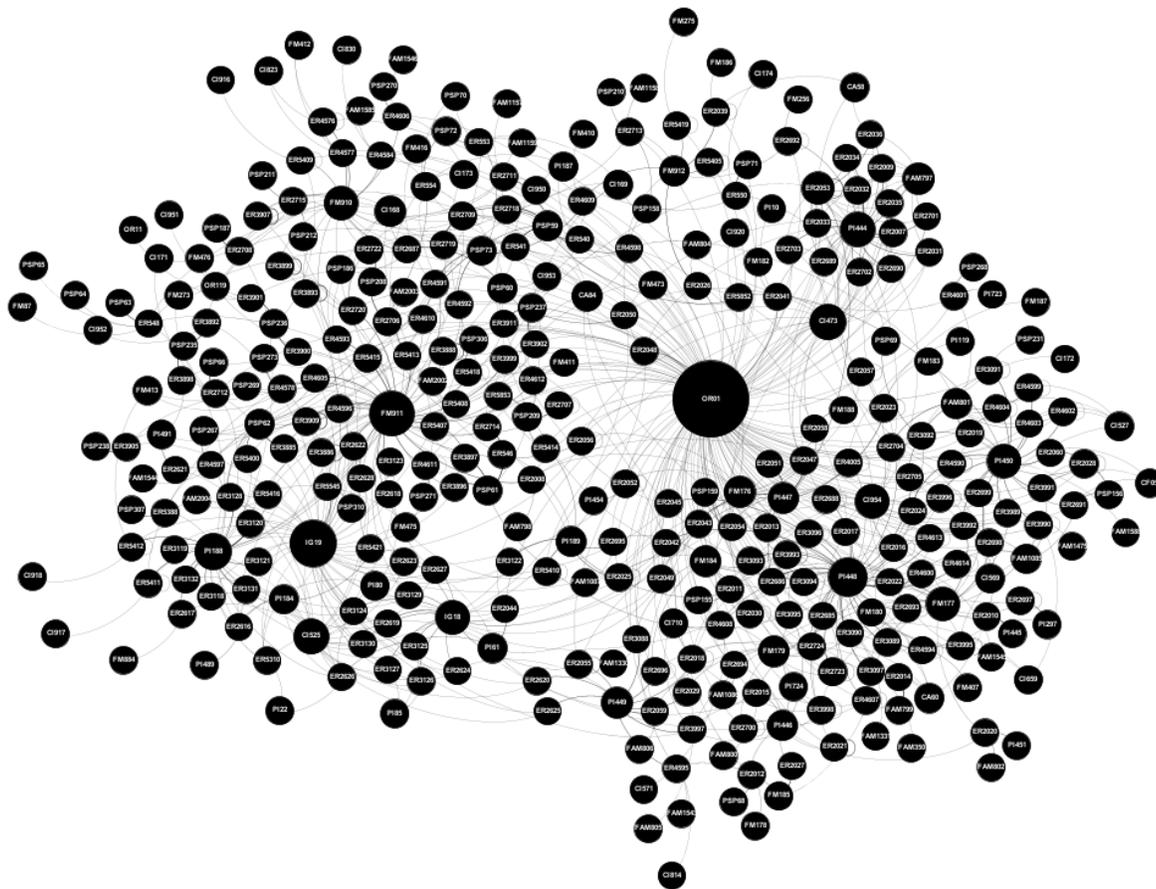


Figura 13. Red de innovación (técnica y comercial) de los productores de maíz en Tolima.

Fuente: Elaboración propia a partir de Gephi.

Así, FENALCE es el actor más central de la Red (Cuadro 28), en el que la mayoría de los productores entrevistados lo refirieron como la principal fuente para la innovación. Más adelante se amplía el comportamiento de este actor en la Red.

Cuadro 28. Centralidad de grado de Actores clave de la Red de Innovación (técnica y comercial) en Tolima.

Actor	Centralidad de entrada	Centralidad de entrada Normalizada
FENALCE (OR01)	143	39.72
ICA (IG19)	56	15.56
Diana Agrícola (FM911)	51	14.17
Agrocomercial Horizontes (PI448)	33	9.17
SuCampo-Sullanta (PI188)	27	7.50
Jairo Pulido (CI954)	20	5.56
Enrique Silvestre (CI473)	25	6.94
Comercializadora Demócrata (CI525)	23	6.39
Agro JL (PI444)	21	5.83
Organización Roa Florhuila (FM910)	19	5.28
UMATA Cajamarca (IG18)	20	5.56
Delagro (PI450)	19	5.28

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en UCINET.

En suma, con base en el análisis anterior, se puede inferir que, si bien no hay un nodo central, si se observa una situación de multiliderazgo y de actores que se destacan, de ahí que se procedió a la identificación de los actores clave y el alcance de cada uno de estos en la Red, a través del indicador de cobertura (Cuadro 29).

FENALCE, por ejemplo, fue el actor que alcanzó la mayor cobertura de la Red en el departamento de Meta (20.13 %) y de Tolima (40.14 %), por lo que si se quiere llegar a impactar a la totalidad de actores identificados en estas redes es necesario involucrar a esta organización gremial en la estrategia de gestión de la innovación.

Otra de las fuentes de información para la innovación de los productores entrevistados que se destacó como actor clave en las redes analizadas, fue la

categoría de proveedor de insumos (PI185, PI303, PI183, PI448, PI188), lo cual permite contextualizar el panorama de la innovación en este sistema productivo y por ende de los procesos de extensión, en el que los proveedores de semillas, agroquímicos, fertilizantes y/o maquinaria tienen un rol fundamental en la asistencia técnica del país e incluso en algunas zonas han sido históricamente los únicos en realizar el acompañamiento técnico a los productores.

En línea con lo anterior, según la Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) son las encargadas de prestar la asistencia técnica agropecuaria directa a los pequeños productores (Congreso de Colombia, 1993; Art. 57). No obstante, en el análisis realizado las UMATA reportaron porcentajes muy bajos de cobertura de la Red en Córdoba (0.16 %), Meta (2.55 %) y Tolima (5.56 %); siendo referenciada como fuente de información para la innovación en pocos casos.

Cuadro 29. Identificación de Actores Clave Fuente de la Red de Innovación (técnica y comercial) por departamento analizado.

Departamento	Actor	Cobertura Actor Fuente (%)
Córdoba	Agroinsumos La Central (OR113)	14.12
	Universidad de Córdoba (IE27)	9.14
	José Felipe Galeano Banda (ER1110)	8.32
	Agroinsumos San Carlos (OR114)	5.74
	Cultivos y Potreros de la Costa (OR116)	5.72
	Insumos Tierraltica (OR117)	5.16
Meta	FENALCE (OR01)	20.13
	Carlos Bohórquez (CI360)	13.40
	AGROFUTURO (PI185)	9.38
	Agringra (PI303)	8.79
	Insumos y granos Fernando (PI183)	8.53
	Nicanor Cárdenas (PSP600)	6.21
Tolima	FENALCE (OR01)	40.14
	ICA (IG19)	15.83
	Diana Agrícola (FM911)	14.31

Agrocomercial Horizontes (PI448)	9.31
SuCampo-Sullanta (PI188)	7.82

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en Keyplayer 2.

5.2.4. Esquematización de la Estructura del Sistema

Por último, con el fin de sintetizar de manera gráfica los resultados del análisis estructural del sistema de innovación del maíz, y hacer un comparativo entre los tres departamentos considerados para la investigación; en la Figura 14 se presenta un esquema de los actores identificados y de la interacción –de manera cuantificable– entre productores y los demás dominios del sistema, como resultado del conglomerado de sus redes territoriales de innovación.

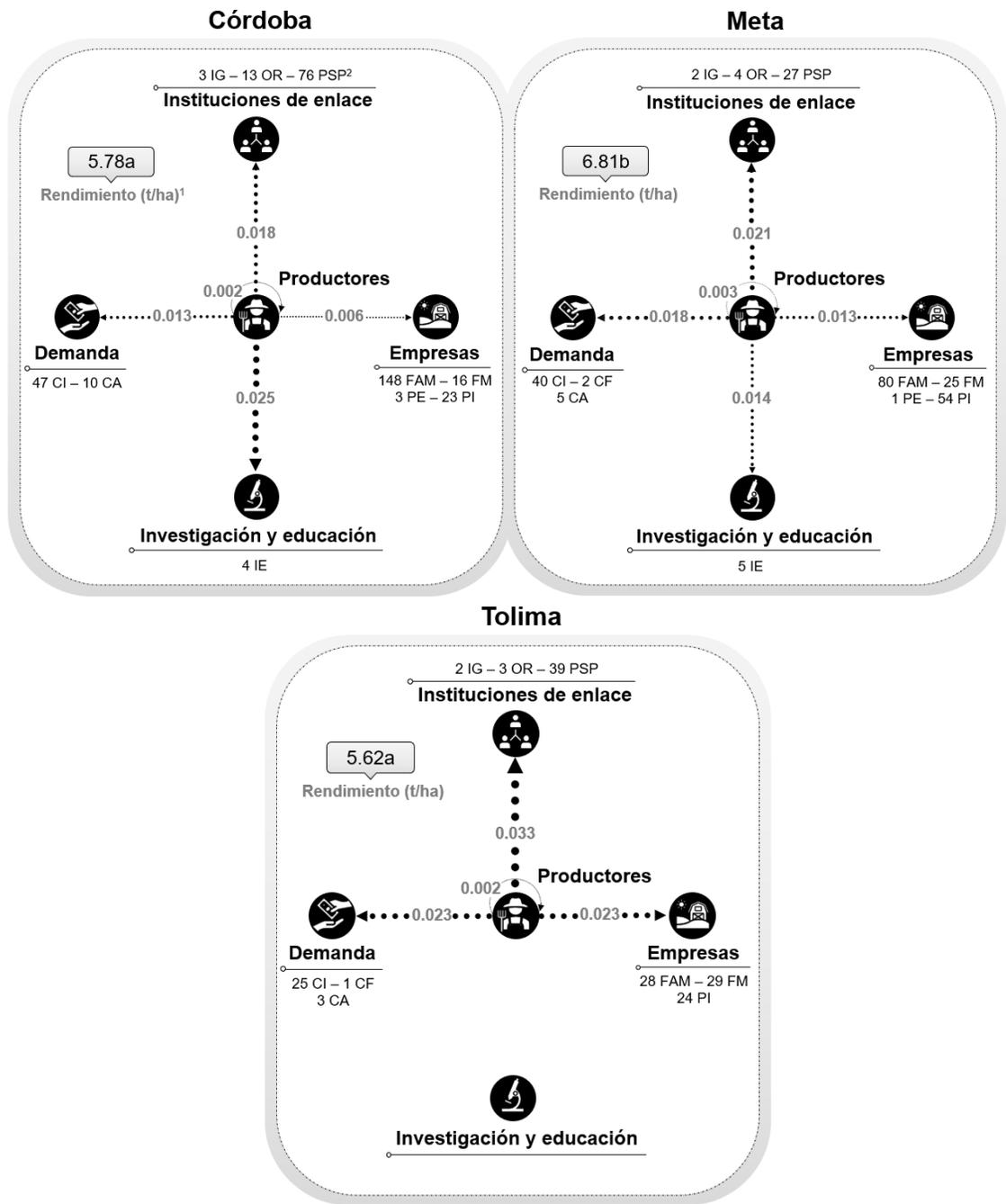
Se observa que para el departamento de Córdoba el mayor flujo de conocimiento para la innovación se presenta con el dominio de Investigación y educación, lo que indica que los productores recurren a instituciones formales de investigación básica o aplicada, como el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), la Universidad de Córdoba, el Instituto Agrícola Guamal y AGROSAVIA.

Para el Meta por su parte, el valor de la interacción es superior entre el productor y las instituciones de enlace, reconociendo así como fuentes a dos instituciones gubernamentales como la UMATA y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuatro organizaciones de productores dentro de las que se encuentran FENALCE, la Federación Nacional de Arroceros, la Federación Nacional de Cafeteros y el Comité de Cafeteros, y por último, a 27 proveedores de servicios profesionales.

En Tolima, el vínculo superior se presentó también con el dominio de Instituciones de enlace, el cual lo conformaron tres organizaciones de productores (FENALCE, Federación Nacional de Cafeteros y la Cooperativa de Caficultores del Sur del Tolima-CAFISUR), dos instituciones gubernamentales (ICA y UMATA) y, 39 proveedores de servicios profesionales.

Ahora bien, con respecto a la interacción de los productores con sus pares, se encontró que en los tres sistemas analizados es precisamente el vínculo productor con productor el que tuvo el valor más bajo (0.002 y 0.003), destacándose así el limitado flujo de conocimiento para la innovación que hay entre productores y en el que utilizan como fuentes de información principal a actores externos.

El agricultor es una de las fuentes de conocimiento más importantes, teniendo en cuenta que está resolviendo desafíos y aprendiendo de manera constante sobre su sistema de producción. Sin embargo, no es una de las fuentes más consultadas, debido posiblemente a que los productores no tienen espacio para transmitir sus conocimientos o porque se ha perpetuado el modelo convencional del flujo de información lineal de arriba hacia abajo, en el que las prácticas agrícolas se transfieren en una sola vía sin ningún intercambio y sin dar una especial atención al conocimiento de los productores (Ayalew et al., 2015).



¹Medias con diferente literal son significativamente diferentes ($p < 0.01$) entre departamentos, según la prueba de Scheffé. ²Categorías de Actor: Familiar (FAM), Funciones Múltiples (FM), Proveedor de Equipo (PE), Proveedor de Insumos (PI), Institución de Enseñanza e Investigación (IE), Institución Gubernamental (IG), Organización de Productores (OR), Proveedor de Servicios Profesionales (PSP), Cliente Intermediario (CI), Cliente Final (CF) y Centro de Acopio, Comercial y/o Agroindustria (CA). El valor del vínculo se obtuvo a partir de la matriz de densidades intergrupales; el mayor grosor de la línea o un valor superior, indica mayor flujo de conocimiento.

Figura 14. Estructura del Sistema de Innovación del maíz en los departamentos analizados en Colombia.

Con el fin de complementar lo anterior, se procedió a contrastar estos resultados con la Encuesta Nacional Agropecuaria, que si bien no son específicos para el cultivo de maíz, es la única información con la que se cuenta hasta el momento en Colombia. En particular, ante la pregunta de qué fuente de información utilizó para la introducción de cambios o mejoras en productos, procesos productivos, actividades de administración o de comercialización, de las 108,974 Unidades de Producción Agropecuarias que introdujeron alguna innovación (5 % de las UPA totales que existen en el país), 49,604 manifestaron que fue por idea propia o de un familiar, mientras que 37,706 UPA reportaron como fuente de información la Asistencia técnica o extensión agropecuaria, y 20,110 UPA a otros productores (DANE, 2019).

Además, al analizar estos resultados en los departamentos focalizados para la investigación (Figura 15), se encontró que la fuente principal de información para la introducción de cambios o mejoras significativas, varió dependiendo la zona, así para el departamento de Tolima fue a partir de la Asistencia técnica en 3,642 de 8,514 UPA que introdujeron alguna innovación. Por su parte, en Córdoba la fuente que referenciaron la mayoría de UPA (700 de 1,819) fue a otro productor, y en el Meta innovaron por idea propia o de un familiar en 2,309 UPA de las 4,387.

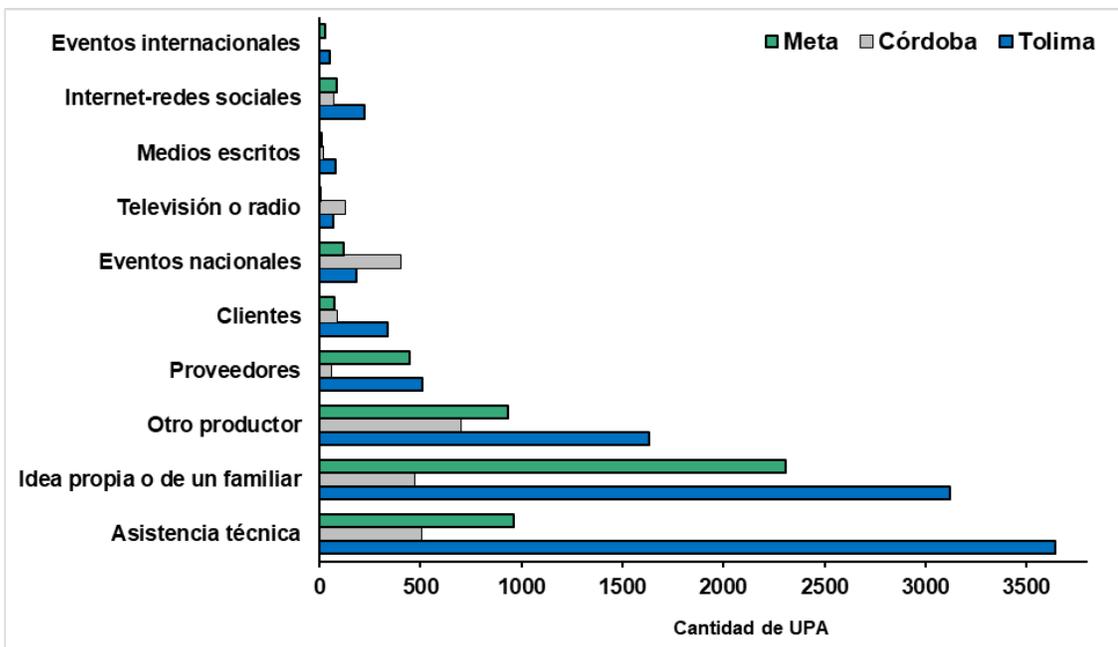


Figura 15. Fuentes de Información utilizadas en las UPA que introdujeron alguna innovación para los departamentos de Meta, Córdoba y Tolima.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos reportados por el DANE (2019).

5.3. Sistema Local de Innovación del maíz

En línea con lo planteado en la metodología, con el fin de analizar de manera específica la estructura del sistema en un territorio en particular, y profundizar en la dinámica de adopción de los productores; para este apartado del análisis se utilizaron como sujetos de estudio a 296 productores de nueve municipios que se destacan en la producción de maíz en el departamento de Tolima (Armero Guayabal, Coello, Espinal, Guamo, Ortega, Planadas, San Luis, Suárez y Valle de San Juan).

5.3.1. Factores asociados a la conducta innovadora de los productores

De esta manera, se inició con una caracterización de los productores encuestados, clasificándolos en tres grupos según su Índice de Adopción de Innovaciones (INAI). La escala de este indicador se encuentra entre 0 y 100 %; por lo que el cero correspondió a los productores que no implementaban ninguna práctica y el 100 a quienes aplican el total de las innovaciones del catálogo para la producción de maíz.

El grupo 1 estuvo conformado por el 15 % de los productores encuestados, por lo que 45 productores presentaron un nivel bajo de innovación, con un rango de 6.25 % a 25 % en el INAI. Por su parte, se agruparon 53 productores con un INAI que osciló entre 31.25 % y 62.50 % en el grupo 2. Y el tercero, que fue el grupo más numeroso, compuesto por 198 productores (67 % del total) presentó los niveles más altos de innovación, con un valor promedio de INAI de 82.67 % (Cuadro 30).

Cuadro 30. Estadísticos descriptivos de los grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Variable	Grupo 1 INAI Bajo	Grupo 2 INAI Medio	Grupo 3 INAI Alto	Total
Número de productores	45	53	198	296
Mínimo	6.25	31.25	68.75	6.25
Máximo	25.00	62.50	100.00	100.00

Media	7.22	47.17	82.67	64.84
Desviación estándar	3.51	9.05	8.02	28.90
Coeficiente de variación (%)	48.66	19.20	9.71	44.57

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

Así, en el Cuadro 31 se presentan los estadísticos descriptivos de las variables escalares analizadas en los productores de maíz en Tolima, por los grupos formados según el nivel de innovación, reportando para cada variable el valor de la media \pm desviación estándar. En este sentido, se observan diferencias significativas entre los productores con bajo y alto nivel de innovación en todas las variables analizadas. Los productores con alto nivel de innovación (grupo 3) se caracterizaron por presentar mayores valores en escolaridad, superficie sembrada, rendimiento, volumen vendido, y una menor edad con respecto a los demás grupos (Suárez et al., 2021).

Cuadro 31. Análisis de variables escalares por grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Variable	Grupo 1 INAI Bajo n=45	Grupo 2 INAI Medio n=53	Grupo 3 INAI Alto n=198
INAI promedio (%)	7.22a \pm 3.51	47.17b \pm 9.05	82.67c \pm 8.02
Edad (años)	54.49b \pm 12.12	58.17b \pm 9.94	47.29a \pm 13.67
Escolaridad (años)	5.04a \pm 4.36	5.55a \pm 4.50	8.76b \pm 4.11
Superficie (ha)	2.03a \pm 2.24	9.81b \pm 12.86	12.95b \pm 14.63
Rendimiento (t/ha)	2.02a \pm 0.74	4.58b \pm 1.52	6.10c \pm 1.04
Volumen vendido (t)	5.28a \pm 13.67	45.66b \pm 67.22	76.72c \pm 91.46

Para cada variable se presenta el valor de la media \pm desviación estándar. Medias con diferente literal son significativamente diferentes ($p < 0.05$) entre grupos, según la prueba de Scheffé.

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

A nivel analítico, los resultados de esta clasificación se podrían corresponder con las tres tipologías de agricultores familiares en América Latina y el Caribe definidas por FAO-BID (2007), con la salvedad de que la generalización corresponde solo a un enfoque conceptual con el objetivo de caracterizar a los

productores según los grupos formados, por lo que teniendo en cuenta además, la heterogeneidad de la agricultura familiar se contrastó con la información disponible para el caso específico de Colombia. En este orden de ideas, se observa que el grupo 1 (INAI Bajo) se relaciona en su mayoría con el segmento de subsistencia, mientras que los del grupo 2 (INAI Medio) presentan características de agricultores familiares de transición, y los productores del grupo 3 (INAI Alto) pertenecerían a la categoría de agricultura familiar consolidada. Para citar solo un ejemplo de esta analogía, se ha reportado que el nivel de educación de la agricultura familiar en general es bajo, de ahí que FAO (2014) precisa que para Colombia el promedio de años de escolaridad en agricultores familiares es de 4.2 para el segmento de subsistencia, 5.6 para el de transición y 8.1 en la agricultura consolidada; valores que se corresponden a lo reportado por los productores para cada uno de los grupos formados en esta investigación (Cuadro 31).

Por otro lado, con el fin de caracterizar la unidad de producción de los productores de maíz en Tolima, y analizar si existían diferencias significativas entre los grupos formados según su nivel de innovación, se realizaron pruebas de chi-cuadrado a las variables categóricas. De esta manera, se confirmó una relación de dependencia entre las características de la unidad de producción y la conducta innovadora de los productores de maíz en Tolima, identificando que en el grupo de productores con bajo nivel de innovación predomina el tipo de semilla criolla (98 %), siembran maíz blanco (91 %), cuentan con predios propios (96 %), régimen hídrico de seco (98 %) y utilizan maquinaria contratada (93 %) (Cuadro 32).

En contraste, las unidades productivas del grupo con mayores niveles de innovación presentan características en su mayoría de un sistema de producción tecnificado; es decir utilizan como semilla organismos genéticamente modificados (98 %) y de maíz amarillo (69 %), además predios arrendados (61 %), algunos con sistema de riego (32 %) porque predomina el cultivo de seco (68 %), y maquinaria contratada (91 %).

Cuadro 32. Relación entre variables categóricas de la unidad de producción y los grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Variable	Categoría	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		(X ²)	Sig.
		INAI Bajo		INAI Medio		INAI Alto			
		Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%		
Tipo de semilla	Criolla	44	98	24	45	4	2	198.056	0.000***
	OGM	1	2	29	55	194	98		
Tipo de maíz	Blanco	41	91	32	60	62	31	58.530	0.000***
	Amarillo	4	9	21	40	136	69		
Tenencia de la tierra	Arrendada	2	4	28	53	121	61	72.950	0.000***
	Otra	0	0	1	2	22	11		
	Propia	43	96	24	45	55	28		
Régimen hídrico	Secano	44	98	35	66	135	68	17.299	0.000***
	Riego	1	2	18	34	63	32		
Maquinaria	Contratada	42	93	52	98	181	91	11.218	0.024**
	Otra	3	7	0	0	3	2		
	Propia	0	0	1	2	14	7		

Frecuencia absoluta (Frec.) y relativa (%). Las proporciones son estadísticamente diferentes, **Significancia al 5 % (p < 0.05), ***Significancia al 1 % (p < 0.01), según prueba de chi-cuadrada (X²).

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

De las características analizadas, el tipo de semilla fue la variable que mostró mayor relación con el nivel de innovación de los productores, en el que la prueba de chi-cuadrada resultó significativa al 99 % (X²= 198.056), confirmando que aquellos productores con perfil innovador optan por utilizar en sus cultivos semilla genéticamente modificada, asociado posiblemente a la relación de esta tecnología con sistemas de producción más comerciales y los beneficios percibidos por los agricultores de invertir en OGM.

Al respecto, Brookes (2020) realizó un estudio para evaluar los impactos económicos y ambientales de la adopción del maíz genéticamente modificado luego de 12 años de su implementación en Colombia, siendo en 2007 cuando se comercializaron por primera vez semillas mejoradas de maíz sin restricciones. Así, los resultados destacan la contribución de los cultivos transgénicos al aumento de la rentabilidad y a la reducción del impacto ambiental; reportando que por cada dólar gastado en esta semilla en relación con la semilla

convencional, los productores colombianos han obtenido 5.25 dólares en ingresos adicionales por el cultivo de maíz transgénico, debido principalmente a un aumento del 17.4 % en el rendimiento y en la optimización en el uso de plaguicidas, con una reducción de 279,400 kg (-66 %) y 278,000 kg (-13 %) de ingrediente activo de insecticidas y herbicidas respectivamente (Brookes, 2020).

Hasta este punto, los resultados de la clasificación realizada concuerdan con lo encontrado por Correa-Álvarez *et al.* (2020) en productores de berenjena de la región del Caribe colombiano; en donde de los cinco grupos identificados, el mayor grado de escolaridad, área sembrada y rendimiento lo presentaron los productores con un nivel tecnológico superior (Suárez *et al.*, 2021). Asimismo, en los productores más innovadores se observó que la tenencia de la tierra era diversa (fincas familiares 38%, arrendadas 38%, y propias 25%) y al menos el 75% de los productores con alto nivel de innovación implementaba sistemas de riego para satisfacer las necesidades de agua en sus cultivos.

Por otro lado, se procedió al cálculo de algunos indicadores a través del Análisis de Redes Sociales, con el fin de comprobar si había diferencias en el capital relacional de los grupos formados según el nivel de innovación. En el Cuadro 33 se presentan compilados parte de estos resultados, a partir de los cuales se encontró que el grupo de productores más innovadores tuvo diferencias significativas con respecto al de bajo nivel de innovación presentando valores superiores en los indicadores de grado de salida (búsqueda de información y conocimiento), vínculos con externos y cobertura de la red en sus vínculos de salida, por lo que además de que en promedio cada productor establece un poco más de tres lazos, lo hace tanto con pares como con actores diferentes a los productores, lo cual favorece la innovación al involucrar fuentes con diferentes recursos (tangibles e intangibles).

Cuadro 33. Análisis de Redes Sociales por grupos formados según el nivel de innovación de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Indicador de ARS	Grupo 1 INAI Bajo	Grupo 2 INAI Medio	Grupo 3 INAI Alto	Sig.
Grado de salida	1.044a	2.604b	3.576c	0.000***
Grado de salida normalizado	0.239a	0.597b	0.820c	0.000***
Grado de entrada	0.089	0.019	0.187	0.443
Grado de entrada normalizado	0.020	0.004	0.043	0.443
Intermediación	0.044	0.038	0.379	0.241
Intermediación normalizada	0.000	0.000	0.000	0.251
Vínculo entre pares	0.111	0.113	0.354	0.131
Vínculo con externos	0.978a	2.491b	3.404c	0.000***
Cobertura Actor Fuente (%)	0.023	0.004	0.046	0.411
Cobertura Actor Colector (%)	0.244a	0.628b	0.849c	0.000***

Para cada indicador se presenta el valor de la media. ***Medias con diferente literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$) entre grupos, según la prueba de Scheffé.

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

Influencia de atributos del productor y de su unidad de producción en la adopción de innovaciones

Por último, se identificaron las variables que influyen en la adopción de innovaciones por parte del productor de maíz en Tolima, por lo que el modelo de regresión lineal múltiple, los estimadores y la capacidad predictiva resultaron significativos (Cuadro 34). Así, la edad del productor, el rendimiento, el tipo de semilla, el régimen hídrico y los indicadores de redes sociales como integración, interacción con otros productores y con actores externos, aunado a la cobertura del actor fuente explican en 77.1 % el comportamiento del Índice de Adopción de Innovaciones (Suárez et al., 2021).

Por su parte, se encontró que la relación del INAI con la edad del productor es negativa, por lo que los productores de edad más avanzada tienden a innovar menos en sus unidades de producción mientras que es positiva con las demás variables.

Cuadro 34. Parámetros estimados para el modelo econométrico de regresión lineal múltiple que explica el comportamiento del nivel de innovación en Tolima (Colombia).

Variables independientes	Estimadores	Error Std.	Sig.
Intercepto	3.433 ^{NS}	4.813	0.000
Edad (años)	-0.122*	0.063	
Rendimiento (t/ha)	7.930***	1.024	
Tipo de semilla	14.794***	4.380	
Régimen hídrico	5.103**	2.193	
Integración normalizada	160.410**	65.548	
Vínculo entre pares	6.257**	2.438	
Vínculo con externos	5.372***	0.896	
Cobertura Actor Fuente (%)	184.756***	70.139	
R ² ajustado	0.771	13.862	

Se utilizó para el modelo el Índice de Adopción de Innovaciones como variable dependiente.
 *Significancia al 10 % (p<0.1); **Significancia al 5 % (p< 0.05); ***Significancia al 1 % (p< 0.01);
^{NS} No significativo. N=296

Fuente: Elaboración propia a partir de salida de datos en SPSS.

En Colombia la cantidad de estudios que aborden la relación entre las dimensiones socioeconómicas del productor y la adopción de innovaciones es mínima (Suárez et al., 2021). Taramuel *et al.* (2019) encontraron en sistemas de producción de leche del resguardo indígena de Cumbal en Nariño que un mayor nivel productivo dado por las variables de ingresos por venta de leche, cantidad de leche producida, número de vacas y área en ganadería, favorece la adopción tecnológica.

En particular, Garrido-Rubiano *et al.* (2017) identificaron aquellos atributos sociales, económicos y ambientales que estimulan el uso de prácticas agrícolas por parte de los productores de maíz del Caribe colombiano, encontrando que para el departamento del Atlántico los indicadores de edad, escolaridad, tenencia de la tierra, uso de maquinaria presentaron significancia estadística en relación con el número de prácticas empleadas, mientras que para Magdalena lo fueron las variables de escolaridad, tenencia de la tierra y régimen hídrico.

5.3.2. Fuentes de información para la innovación

En cuanto a las fuentes de información para la innovación, se encontró que éstas difieren de acuerdo al tipo de práctica. Así, en la Figura 16 se observan como se relacionan las diferentes categorías de actor con las 16 innovaciones del catálogo de FENALCE para lograr un mayor rendimiento del cultivo (las cuales aparecen organizadas en el esquema de mayor a menor según la tasa de adopción de innovaciones). Al respecto, para la innovación Fecha adecuada de siembra adoptada por el 100 % de los productores, las fuentes principales fueron el gremio de los productores y la institución gubernamental del Instituto Colombiano Agropecuario; que como ya se ha comentado con antelación es la autoridad para la sanidad agropecuaria en el país. Por su parte, el proveedor de insumos es el tipo de actor del que más aprendieron los productores las prácticas relacionadas con el establecimiento del cultivo como la de semilla certificada (66 %) y protección adicional a la semilla (64 %), aunado a que fue referenciado como fuente, por más del 60% de los productores entrevistados, en las prácticas de fertilización balanceada a la siembra y en las de fracción nitrógeno y potasio. Por último, las categorías de proveedor de servicios profesionales y productores fueron identificadas como fuentes de información en todas las innovaciones, pero principalmente en aquellas relacionadas con el monitoreo de plagas, malezas y enfermedades.

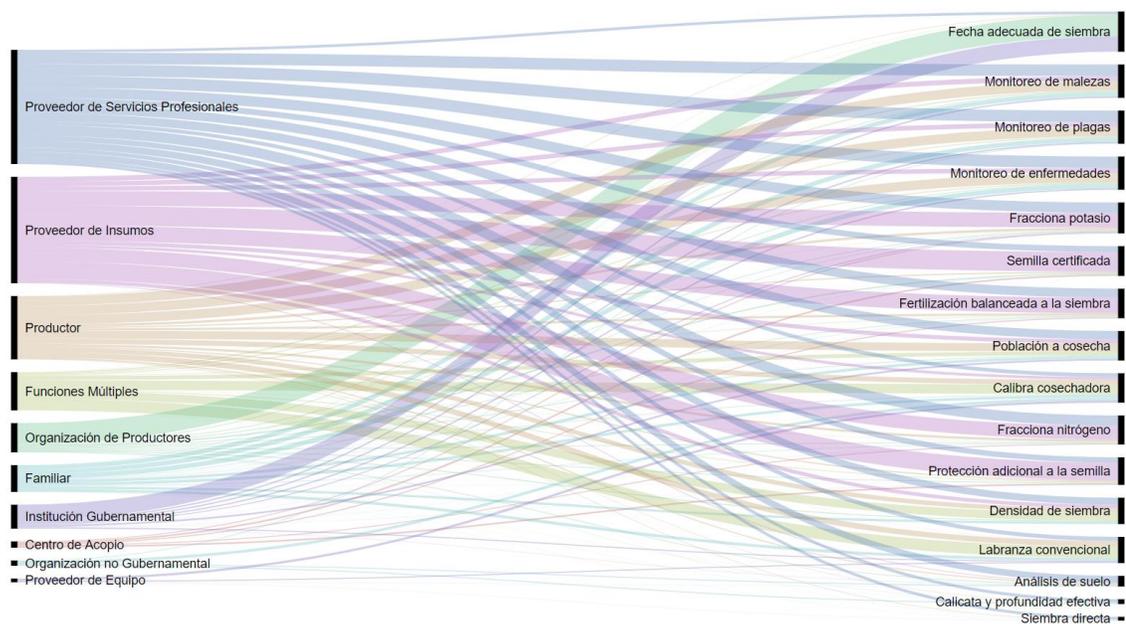


Figura 16. Fuentes de información de productores de maíz en Tolima (Colombia) para cada una de las innovaciones.

Fuente: Elaboración propia a partir de información recolectada en campo.

5.3.3. Análisis de las Redes de Innovación

En este apartado, se profundiza en la estructura de las redes de innovación de los productores de maíz; puesto que en el análisis regional departamental se analizó el entramado de las redes técnicas, de venta y de proveeduría, por lo que en esta ocasión se presenta el detalle de cada una de estas redes de manera individual y se abarca un mayor número de municipios de Tolima.

Red Técnica

La Red de innovación técnica de los productores de maíz en el departamento de Tolima estuvo conformada por 437 nodos (296 productores entrevistados y 141 actores referidos) y 962 relaciones a partir de la pregunta ¿De quién(es) aprendió cada práctica de innovación que adopta?, por lo que aun cuando todos los nodos están conectados, la interacción entre ellos es muy baja (densidad de la Red de 0.5 %).

En el grafo además se observa que dos de los nodos están concentrando la mayoría de los vínculos; es así como FENALCE fue la fuente de información más referida por los productores de maíz, con una cobertura del 37 % de toda la Red, seguido del Instituto Colombiano Agropecuario con el 27 %. Otro actor que se destaca como fuente de información es un proveedor de insumos llamado Agrocomercial Horizonte con el 7 % de cobertura (Figura 17). Lo anterior explica que se haya obtenido un valor de 36 % en el indicador de centralización de entrada.

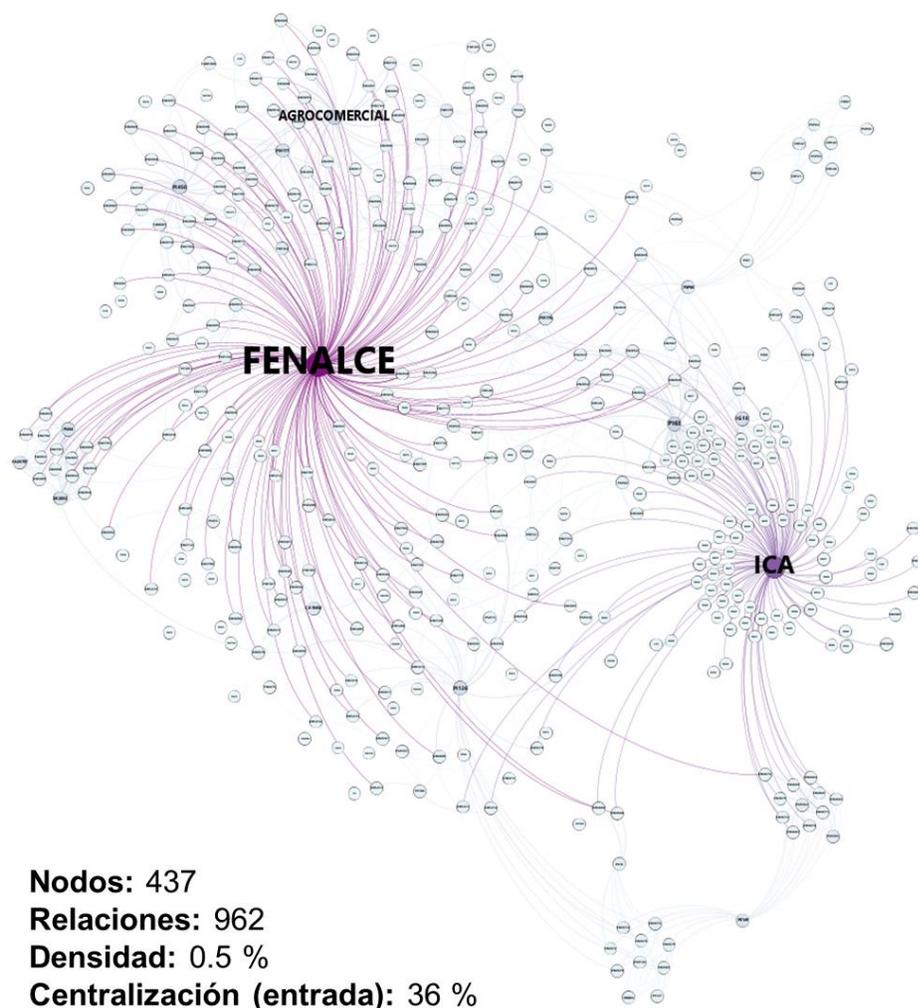


Figura 17. Red Técnica de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Fuente: Elaboración propia a partir de Gephi.

Red de Venta

Con respecto a la Red generada a partir de la pregunta ¿A quién le vendió su última cosecha?, se encontraron pequeñas subestructuras, conformadas por los comercializadores y el grupo de productores que le venden su cosecha (Figura 18). Y si bien es una estructura de pequeñas redes en estrella, características de una red de venta, es de destacar que los 296 productores entrevistados refirieron a 34 diferentes actores; por lo que no hay un único comercializador que tenga el poder de mercado en el Tolima.

Dentro de los actores que se identificaron como comercializadores además de las tipologías de clientes intermediarios (CI) y centro de acopio, comercial y/o agroindustria (CA), se reportó la categoría de proveedor de insumos (PI), los cuales brindan créditos a los productores, que pagan con la misma cosecha.

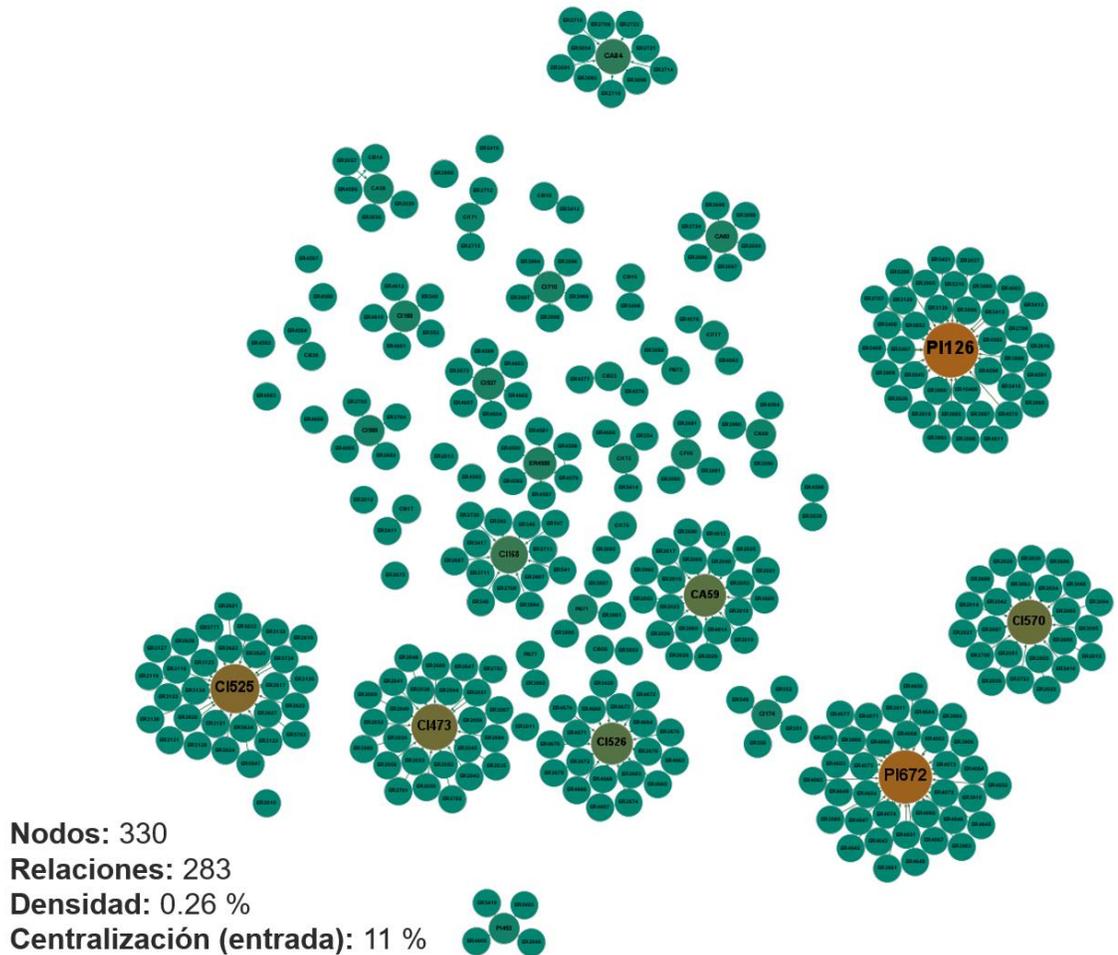


Figura 18. Red de Venta de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Fuente: Elaboración propia a partir de Gephi.

También se indagó por las razones para la selección del cliente (Figura 19) de las cuales el 38 % de los productores señaló la de pagar rápido y en efectivo como la principal, seguido por la de ofrecer mejor precio la cual fue mencionada por el 28 % de los entrevistados.



Figura 19. Razones para selección de cliente de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Fuente: Elaboración propia a partir de Wordle.

Red de Proveeduría

En la Figura 20 se presenta el grafo de la Red de proveeduría de los productores de maíz en el departamento de Tolima, conformada por 321 nodos (296 productores entrevistados y 25 actores referidos) y 321 relaciones a partir de la pregunta ¿A quién(es) le(s) compran sus insumos (fertilizantes, semillas y agroquímicos)?, destacándose Diana Agrícola S.A (PI126) con el 13.1 % de cobertura de toda la Red; este mismo actor fue el más referenciado en la Red de venta, ya que es una empresa que brinda asesoramiento técnico y financiamiento para la compra de insumos a los productores a cambio de la venta de la cosecha a este comercializador-trillador.

Otro de los actores clave en la Red de proveeduría fue la Cooperativa de Caficultores del Sur del Tolima (CAFISUR) con el 12.2 % de cobertura, la cual es una organización de economía solidaria, que se dedica a la comercialización especializada de café y brinda acompañamiento técnico e insumos agrícolas. Lo anterior, permite confirmar el rol crucial para los productores de maíz que

desempeñan las organizaciones gremiales de otros cultivos, para el caso de Tolima se destacan las Federaciones de Café y Arroz.

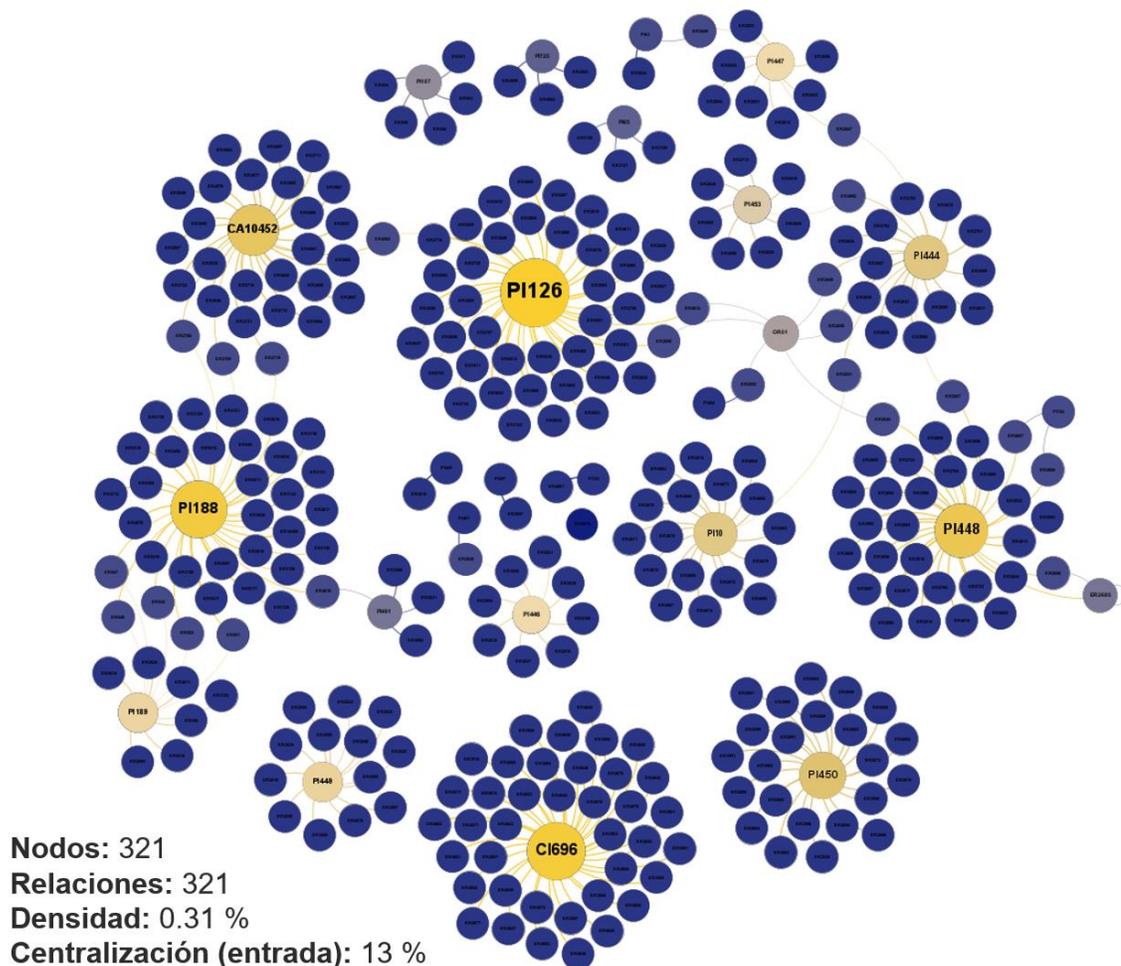


Figura 20. Red de Proveeduría de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Fuente: Elaboración propia a partir de Gephi.

Con respecto a las razones para la selección del proveedor de insumos (Figura 21), se encontró que para el 56.31 % de los productores en Tolima la razón de ofrecer un mejor precio es la principal, seguido por la de facilidad de crédito (11.5 %) en donde el proveedor le presta dinero y luego es pagado por medio de la cosecha.



Figura 21. Razones para selección de Proveedor de Insumos de los productores de maíz en Tolima (Colombia).

Fuente: Elaboración propia a partir de Wordle.

5.3.4. Estrategia de Gestión de la innovación

Con base en el panorama encontrado, a continuación se plantean los dos escenarios en los que puede estar dirigida la estrategia de gestión de la innovación para el sistema de innovación del maíz en el Tolima, los cuales se basan en trabajar con los actores que ya hacen parte e integrar a nuevos actores los cuales en la actualidad no se refleja que participen, aun cuando desempeñan actividades clave para que el sistema de innovación funcione correctamente.

Escenario 1. Mejorar el flujo de recursos entre los actores identificados en la estructura actual del sistema.

El caso del maíz en Tolima muestra características de una Red de innovación en formación, con valores inferiores al 1 % de todas las interacciones posibles, en el que además los flujos están siendo dominados por pocos actores y en el que sobresalen las relaciones de tipo heterofílico, con escasos vínculos entre productores. De ahí que el primer punto en la estrategia de gestión, debe estar orientado en mejorar la homofilia de la Red, y en que sea el productor una fuente de información referenciada por sus pares. Para ello, se propone desarrollar acciones para conectar a aquellos productores que además de presentar un desempeño sobresaliente en el nivel de innovación, es un nodo central referido por otros productores como fuente de información en su zona. Por lo que a

continuación se precisan los vínculos que son factibles promover para aumentar el intercambio entre productores en este sistema.

En la Figura 22 se presenta el grafo de la Red de innovación formada solo por aquellos productores que al menos fueron referenciados una vez por los 296 productores encuestados, en la que se indica con un color de nodo diferente su nivel de innovación. Así, se reportó un total de 42 relaciones entre los 54 productores, de los cuales seis de éstos obtuvieron los mayores valores en el indicador de centralidad de grado de entrada, en el siguiente orden: ER2053, ER552, ER2709, ER2028, ER2723 y ER4583.

Sin embargo, teniendo en cuenta que toda relación tiene un costo intrínseco, no es factible en la realidad solo proceder a vincular a estos 6 nodos centrales entre ellos; por lo que se procedió agregar un total de cuatro lazos bidireccionales con los cuales se logra el mayor alcance de la Red, los cuales se señalan con flechas de color azul en la Figura 23. Así, con solo esta acción la densidad de la Red aumenta de 1.47 % a 1.75 %, y por ende el flujo de conocimiento entre productores.

Aunado a esto, la otra línea de trabajo debe estar dirigida hacia el flujo de recursos entre los actores institucionales, sin embargo teniendo en cuenta que solo se cuenta con los lazos que referenciaron los productores hacia las instituciones, y no entre éstas últimas, se puede recomendar involucrar a FENALCE en las iniciativas que se diseñen para el fortalecimiento del sistema, para que actúe como puente entre los productores y el resto de actores, ya que fue el actor más referido y con mayor alcance de la Red.

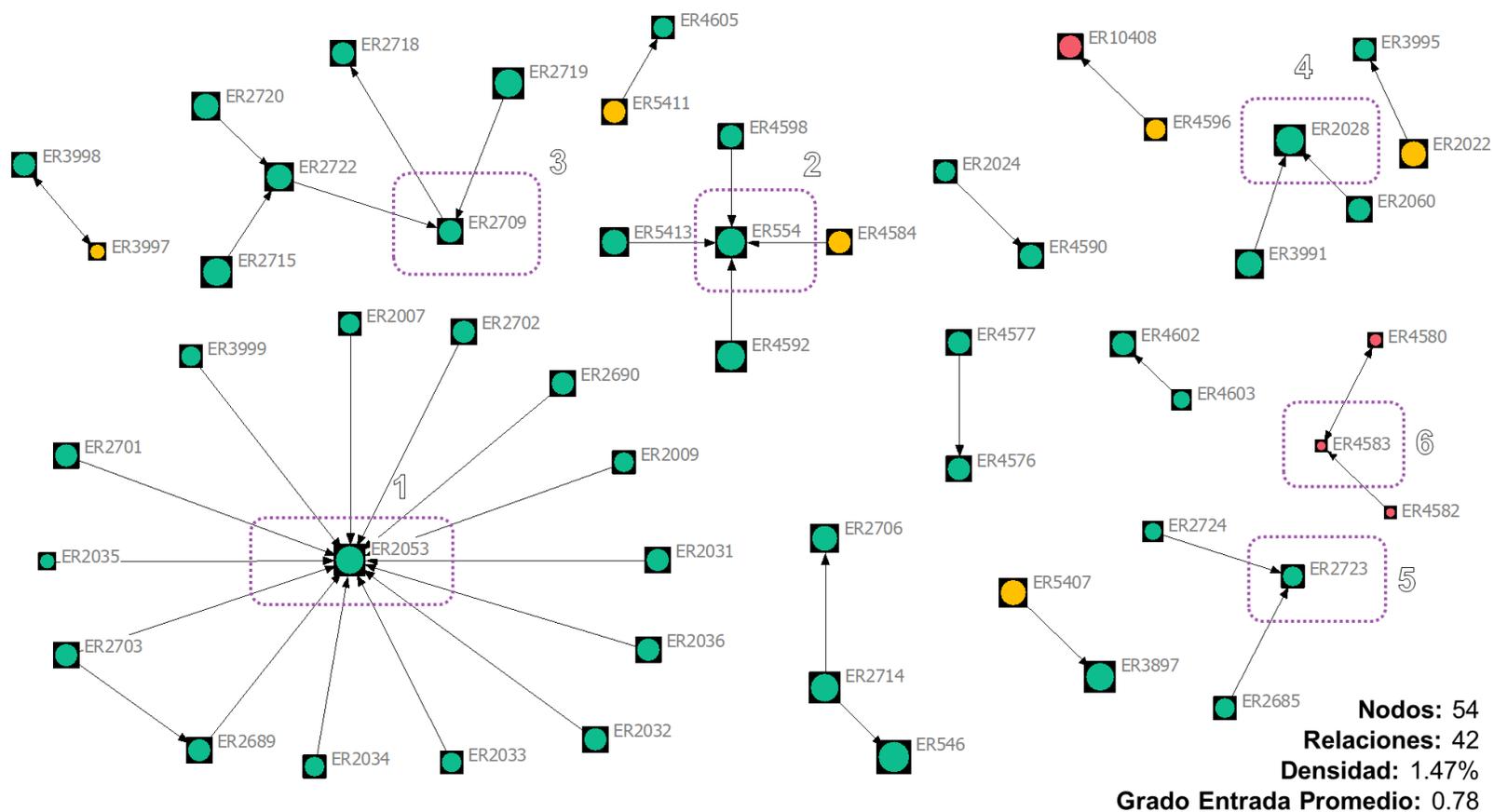


Figura 22. Red entre productores de maíz en Tolima (Colombia) con indicación del color según su nivel de innovación.

*Los nodos representados en color verde corresponden al grupo con alto nivel de innovación, en amarillo los de nivel medio de INAI y en rojo los productores menos innovadores.

Fuente: Elaboración propia a partir de NetDraw.

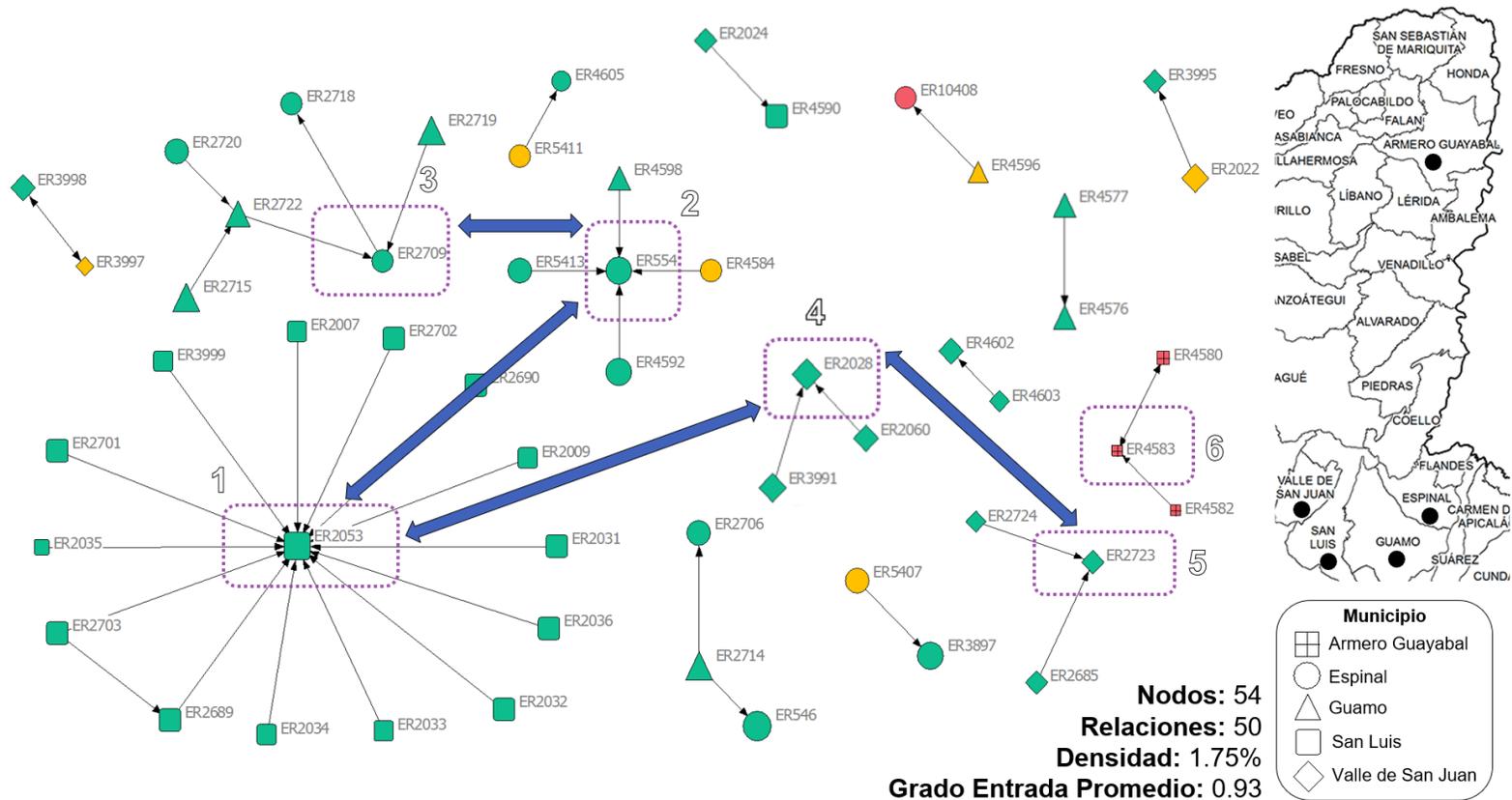


Figura 23. Prospectiva de la Red de innovación entre productores de maíz en Tolima (Colombia) a partir de la estrategia de gestión.

*La forma del nodo varía de acuerdo al municipio al que pertenece cada productor. Las flechas azules representan los cuatro vínculos bidireccionales que se deben promover entre los actores señalados para mejorar la gestión de la innovación.

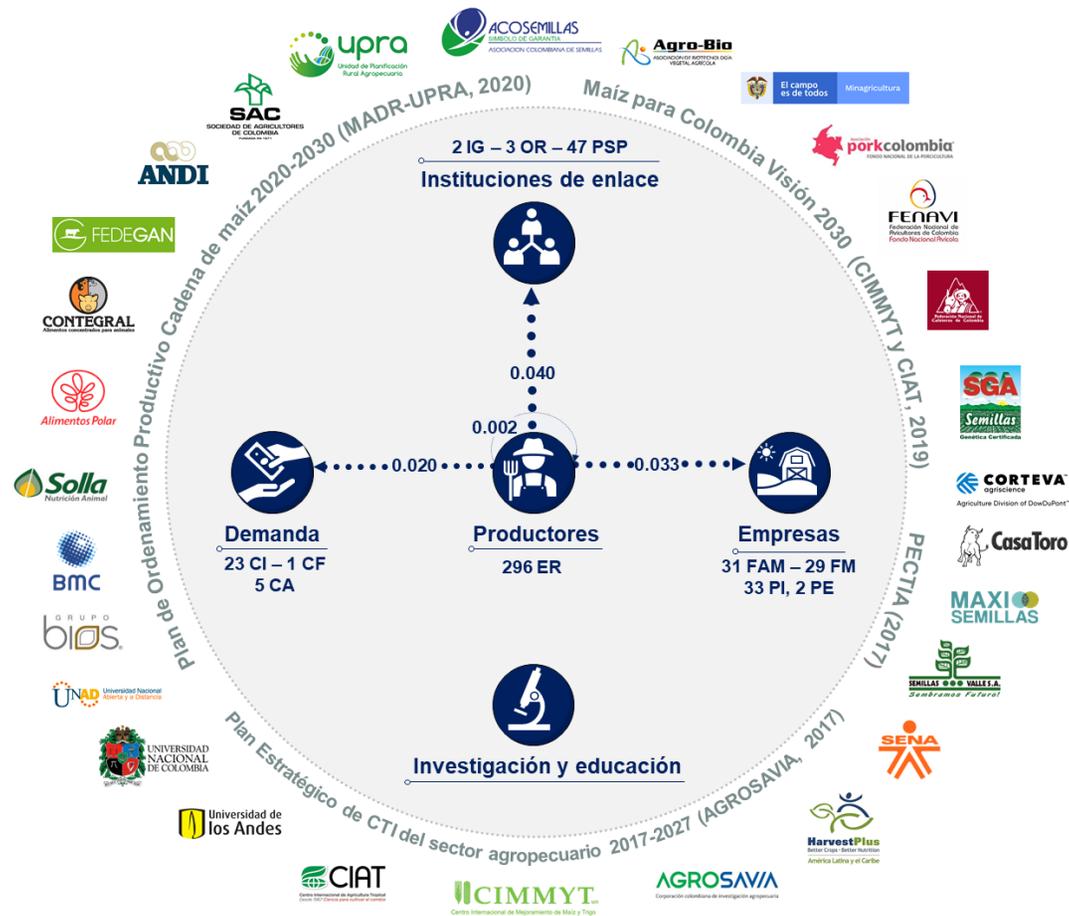
Fuente: Elaboración propia a partir de NetDraw.

Escenario 2. Integrar a nuevos actores que no están participando en los procesos de innovación del maíz en la zona y que realizan actividades clave para que el sistema de innovación funcione correctamente.

Al analizar la estructura actual del sistema de innovación del maíz en Tolima, se observa un desbalance entre sus dominios, con limitada participación de instituciones gubernamentales (solo se referenció a ICA y UMATA) y nula por parte de actores de la categoría de institución de enseñanza e investigación, proveedor de servicios financieros y organismo de cooperación internacional, de ahí que los flujos del sistema se cargan hacia proveedores de servicios profesionales, proveedores de insumos y comercializadores (Figura 24).

En este sentido, es evidente la necesidad de involucrar a actores del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario, reforzando su presencia territorial con agendas para el fortalecimiento de la cadena del maíz en la zona analizada. Así, en primera instancia las acciones deben estar dirigidas al dominio de Investigación y educación, a través de la integración de actores institucionales de investigación agrícola formal para que desempeñen funciones relacionadas con la generación de conocimiento científico y procesos de adaptación, difusión y utilización de innovaciones, como es el caso de AGROSAVIA, SENA y Universidad del Tolima.

En el dominio de Instituciones de enlace es clave integrar al sistema local a los siguientes actores: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Tolima, Gobernación del Tolima, Banco Agrario de Colombia S.A., que como se analizó en el apartado del Sistema Nacional son catalizadores de la innovación al contribuir al cumplimiento de muchas funciones clave del sistema de innovación, destacándose en aquellas que implican la Movilización de recursos y la Creación de legitimidad, lo cual repercute directamente en facilitar el entorno propicio para que se puedan llevar a cabo el resto de las actividades para la innovación.



*Categorías de Actor: Empresa Rural (ER), Familiar (FAM), Funciones Múltiples (FM), Proveedor de Equipo (PE), Proveedor de Insumos (PI), Institución de Enseñanza e Investigación (IE), Institución Gubernamental (IG), Organización de Productores (OR), Proveedor de Servicios Profesionales (PSP), Cliente Intermediario (CI), Cliente Final (CF) y Centro de Acopio, Comercial y/o Agroindustria (CA). El valor del vínculo entre el productor y los demás dominios del sistema se obtuvo a partir de la matriz de densidades intergrupales; el mayor grosor de la línea o un valor superior, indica mayor flujo de conocimiento.

Figura 24. Estructura del Sistema Local de Innovación del maíz en Tolima (Colombia).

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

En esta investigación se analizó el sistema de innovación del maíz en su escala nacional, regional y local a partir de los estudios de caso de Córdoba, Meta y Tolima, que son los principales departamentos en la producción de este cultivo en Colombia. A través de los resultados encontrados se dio respuesta a las tres preguntas de investigación planteadas referentes a la estructura actual del sistema, los factores que se relacionan con la adopción de innovaciones por parte de los productores de maíz y los elementos que deben considerarse para la gestión de este sistema.

De esta manera, se identificaron los actores para cada uno de los cuatro dominios del sistema y su dinámica de interacción para la innovación del sector maicero. A partir de este análisis estructural, se observó que existen múltiples actores relacionados de forma directa e indirecta con la producción, acopio, transformación y comercialización del maíz en Colombia, con una muy baja interacción tanto entre productores, como entre los encuestados y sus referidos, con lazos de relación inferiores al 1 % de todos los posibles y nodos que concentran la mayoría de estos vínculos.

En particular, se destacó el dominio de instituciones de enlace no solo por los diversos y múltiples actores que lo componen, sino por el alto relacionamiento que se observó con los productores de maíz encuestados. Así, en este dominio del sistema nacional se identificaron a instituciones gubernamentales, organismos de cooperación internacional, organizaciones de productores y gremios, proveedores de servicios financieros, y proveedores de servicios profesionales que contribuyen principalmente con las funciones de movilización de recursos y creación de legitimidad, lo que genera un entorno favorable para

que se puedan llevar a cabo el resto de las funciones clave del sistema de innovación.

Por su parte, en los departamentos de Córdoba, Meta y Tolima el mayor flujo de conocimiento y demás recursos se presentó con un actor de la categoría de organizaciones de productores y gremios, desempeñando correctamente su rol de puente para la innovación, al facilitar el acceso y flujo de conocimiento para los productores de maíz. No obstante, para el dominio de instituciones de enlace se hizo evidente la necesidad de que sus actores tengan mayor presencia territorial con agendas para el fortalecimiento de la cadena del maíz en las zonas analizadas, particularmente de la tipología de instituciones gubernamentales.

Frente a la dinámica de innovación, el escenario difiere entre los departamentos analizados, no solo con respecto a las prácticas que se incorporan en mayor o menor medida por parte de los productores, sino por las fuentes de información de las cuales aprendieron cada una de éstas. Por ejemplo, para el caso de Tolima, se encontró que la innovación de fecha adecuada de siembra fue adoptada por el 100 % de los productores encuestados, en la que se referenció como fuentes principales el gremio de los productores (FENALCE) y a la institución gubernamental encargada de la sanidad agropecuaria en el país (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA).

Además, se infiere que las características propias de la innovación de fecha adecuada de siembra como ventaja relativa, compatibilidad, complejidad baja y observabilidad, favorecieron su alta tasa de adopción al no requerir de un conocimiento técnico especializado o una alta inversión en recursos, sino un proceso de planeación y prospectiva que asegure el cumplimiento de la normatividad para la protección sanitaria del cultivo de maíz, y en particular las resoluciones establecidas por el ICA para la siembra en cada departamento. En línea con lo anterior, y con el fin de incrementar los niveles de adopción de innovaciones por parte de los productores de maíz en Colombia, es importante desarrollar un catálogo con un número reducido de prácticas tecnológicas que cuenten con la mayoría de las siguientes características: ventaja relativa,

compatibilidad, complejidad, experimentación y observabilidad, que permitirá generar confiabilidad en el proceso de innovar, para luego centrar la estrategia en innovaciones de un mayor grado de complejidad para su adopción y que requieren planeación, prospectiva, reflexión, inversión y/o un alto nivel de conocimiento técnico y de competencias específicas. Para ello, en esta investigación se desarrolló una propuesta de categorización de los requerimientos de cada una de las prácticas del catálogo de FENALCE, con el fin de avanzar además en la medición de la innovación no solo a partir del número sino del tipo de innovaciones que un productor logró adoptar.

También se comprobó la hipótesis de que los procesos de innovación dependen tanto de las características del productor y de la unidad de producción, como de las interacciones que se establezcan dentro del sistema. Es así como se observaron diferencias significativas entre los grupos formados según su nivel de innovación. En el que los productores más innovadores del departamento de Tolima reportaron mayores valores en las variables de escolaridad, superficie sembrada, rendimiento, volumen vendido, grado de salida (búsqueda de información y conocimiento), vínculos con externos, cobertura de la red y una menor edad, con respecto al grupo de productores con bajo nivel de innovación.

Por último, se definieron acciones enfocadas en mejorar el flujo de recursos entre los actores identificados en la estructura actual del sistema, proponiéndose gestionar un total de cuatro lazos bidireccionales entre los productores más referidos e involucrar a FENALCE en las iniciativas actuales y en las que se diseñen para el fortalecimiento del sistema, para potenciar su rol de puente entre los productores y el resto de los actores. Otro de los escenarios de la estrategia de gestión de la innovación, consiste en integrar a nuevos actores que no están participando en los procesos de innovación del maíz y que realizan actividades clave para que el sistema de innovación funcione correctamente.

Así pues, se deben desarrollar y financiar iniciativas que motiven a los actores del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario a involucrarse más en los espacios inter-actorales de construcción y

territorialización del sistema de innovación, siendo una oportunidad histórica para lograr este propósito la actual implementación del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria en Colombia. En el caso particular del sistema local analizado, se hizo evidente la necesidad de reforzar las acciones de actores clave como AGROSAVIA, SENA, Universidad del Tolima, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Producción Alimentaria, Gobernación del Tolima y Banco Agrario de Colombia S.A.

7. LITERATURA CITADA

- AGROSAVIA (2021). *Redes de Innovación de AGROSAVIA*. Recuperado el 8 de abril de 2021, de <https://www.agrosavia.co/nosotros/redes>
- AGROSAVIA (2020). *Boletín de indicadores en ciencia, tecnología e innovación del sector agropecuario 2019*. Recuperado el 20 de marzo de 2021, de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36494>
- AGROSAVIA (2019). *Más savia para el agro colombiano. Informe de la primera evaluación externa de desempeño institucional*. Recuperado el 15 de noviembre de 2020, de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35648>
- Aguilar-Ávila, J., Martínez-González, E., & Aguilar-Gallegos, N. (2018). Análisis de los procesos de innovación en la agricultura en México bajo el enfoque de sistemas territoriales de innovación. *X Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural*, 1–31. Recuperado de http://alasru2018.easyplanners.info/opc/tl/0484_jorge_aguilar_avila.pdf
- 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), 9-31.
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., & García-Sánchez, E. (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/https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, V. H., & Aguilar-Ávila, J. (2013). Influencia del perfil de los productores en la adopción de innovaciones en tres cultivos tropicales. *Teuken Bidikay*, 4(4), 207-228.
- Akudugu, M., Guo, E., & Dadzie, S. (2012). Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 2(3), 1-13.
- Arnold, E., & Bell, M. (2001). *Some New Ideas About Research for Development*. Copenhagen: Ministry of Foreign Affairs.
- Asheim, B. T., Smith, H. L., & Oughton, C. (2011). Regional innovation systems: theory, empirics and policy. *Regional studies*, 45(7), 875-891. <https://doi.org/10.1080/00343404.2011.596701>
- Asheim, B. T., & Isaksen, A. (1997). Location, agglomeration and innovation: Towards regional innovation systems in Norway? *European planning studies*, 5(3), 299-330. <https://doi.org/10.1080/09654319708720402>

- Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola [Agro-Bio]. (2021). *Colombia sigue apostándole a los cultivos transgénicos*. Recuperado el 10 de enero de 2021, <https://www.agrobio.org/hectareas-cultivos-transgenicos-colombia-2019/>
- Audouin, S., Gazull, L., & Gautier, D. (2018). Territory matters: Exploring the functioning of an innovation system through the filter of local territorial practices-the example of the adoption of cashew trees in Burkina Faso. *Journal of Rural Studies*, 63, 130-140. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.08.007>
- Avendaño-Ruiz, B., Hernández-Alcantar, M., & Martínez-Carrasco-Pleite, F. (2017). Technological innovations in the horticultural sector in northwestern Mexico: adoption speed and diffusion networks analysis. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 495-511. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:740
- Ayalew, T., Mamo, M., & Kebedom, A. (2015). An Analysis of Agricultural Linkage and Technology Innovation System: with Special Focus in Ethiopia. *International Journal of Science and Research*, 4(3), 889-894.
- Banco Mundial (2008). *Incentivar la innovación agrícola. Cómo ir más allá del fortalecimiento de los sistemas de investigación*. Washington D.C: Banco Mundial en coedición con Mayol Ediciones S.A.
- Bekele, W., & Drake, L. (2003). Soil and water conservation decision behavior of subsistence farmers in the Eastern Highlands of Ethiopia: a case study of the Hunde-Lafto area. *Ecological economics*, 46(3), 437-451. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00166-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00166-6)
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research policy*, 37(3), 407-429. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.12.003>
- Beseler, C. L., Keeney, A. J., Garratt, R., Wertheimer, A., & Stallones, L. (2021). Assessing Connections in an Agricultural Community Using Social Network Analysis. *Journal of Agromedicine*, 26(2), 245-255. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2020.1837317>
- Borgatti, S. P., Mehra, A., Brass, D. J., & Labianca, G. (2009). Network analysis in the social sciences. *Science*, 323(5916), 892-895.
- Bozoğlu, M., & Ceyhan, V. (2007). Measuring the technical efficiency and exploring the inefficiency determinants of vegetable farms in Samsun province, Turkey. *Agricultural systems*, 94(3), 649-656. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.01.007>
- Brookes, G. (2020). Genetically modified (GM) crop use in Colombia: farm level economic and environmental contributions. *GM Crops & Food*, 11(3), 140-153. <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1715156>

- Burgos, A. & Bocco, G. (2020). Contribuciones a una teoría de la innovación rural. *Cuadernos de Economía*, 39(79), 219-247. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v39n79.74459>
- Caravaca, I., González, G., & Silva, R. (2005). Innovación, redes, recursos patrimoniales y desarrollo territorial. *EURE*, 31(94), 5-24.
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2017). Les systèmes d'innovation de la quadruple et de la quintuple hélice. *Innovations*, 3(54), 173-195. <https://doi.org/10.3917/inno.pr1.0023>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? a proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41-69. <https://doi.org/10.4018/jsesd.2010010105>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International journal of technology management*, 46(3-4), 201-234. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233-245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Carrasco, J. (2003). Innovación y actores locales en los nuevos espacios económicos: un estado de la cuestión. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 36, 7-30.
- Centeno J. P. (2021). Operational Innovation Policies in Emerging Economies: A Social Network Analysis of the Royalties Fund for Innovation in Colombia. In Ordóñez-Matamoros G., Orozco L. A., Sierra-González J. H., Bortagaray I., & García-Estévez J. (Eds.). *Policy and Governance of Science, Technology, and Innovation* (pp. 193-232). Estados Unidos: Palgrave Macmillan.
- Centeno, J. P. (2020). El cambio en las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación: apuntes para el caso colombiano. *Saber, Ciencia y Libertad*, 15(2), 21–36. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2020v15n2.6623>
- Chaminade, C., Lundvall, B., Vang-Lauridsen, J., & Joseph, K. (2009). Innovation policies for development: towards a systemic experimentation based approach. *7th Globelics Conference*, 1-20. Recuperado de <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/35016>
- Chaparro, J. (2003). Innovación Tecnológica y Territorio. *Cuadernos de Geografía*, 12 (1-2), 29-60.
- Chen, J., Yin, X., & Li, J. (2020). Firm innovation system: paths for enhancing corporate indigenous innovation capability. *Frontiers of Engineering Management*, 7(3), 404-412. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0116-2>

- Chen, J., Huang, S. F., & Xu, Q. R. (2015). Firm innovation systems: Perspectives of researches on state-owned key enterprises. *Frontiers of Engineering Management*, 2(1), 64-70. <https://doi.org/10.15302/J-FEM-2015017>
- Claasen, N., & Lemke, S. (2019). Strong ties, weak actors? Social networks and food security among farm workers in South Africa. *Food Security*, 11(2), 417-430. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00902-5>
- Congreso de Colombia (1993). *Ley general de desarrollo agropecuario y pesquero: Ley 101 de 1993*. Recuperado el 12 de agosto de 2020, de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1636659>
- Contreras, C., & Uribe C. (2021). *Capacidad científica y tecnológica del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) en Colombia*. Colombia: Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7404715>
- Cooke, P., Roper, S., & Wylie, P. (2003). The golden thread of Innovation and Northern Ireland's evolving regional innovation system. *Regional Studies*, 37(4), 365-379. <https://doi.org/10.1080/0034340032000074406>
- Cooke, P., Davies, C., & Wilson, R. (2002). Innovation advantages of cities: From knowledge to equity in five basic steps. *European Planning Studies*, 10(2), 233-250. <https://doi.org/10.1080/09654310120114517>
- Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe. *Geoforum*, 23(3), 365-382. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(92\)90048-9](https://doi.org/10.1016/0016-7185(92)90048-9)
- Cooke, P., Uranga, M. G., & Etxebarria, G. (1998). Regional systems of innovation: an evolutionary perspective. *Environment and planning A*, 30(9), 1563-1584. <https://doi.org/10.1068/a301563>
- Correa-Álvarez, E. M., Martínez-Reina, A. M., Orozco-Guerrero, A. R., Silva-Acosta, G. E., Tordecilla-Zumaqué, L., del Valle Rodríguez-Pinto, M., ... & Romero-Ferrer, J. L. (2020). Characterization of eggplant producers in the Caribbean region of Colombia: socio-economic aspects and local production technology. *Agronomía Colombiana*, 38(1), 120-13. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.80706>
- Corte Constitucional (2010). *Constitución Política de Colombia 1991. Actualizada con los Actos Legislativos hasta 2010*. Recuperado el 5 de noviembre de 2020, de <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf>
- Damián, M., Ramírez, B., Parra, F., Paredes, J., Gil, A., López, J., & Cruz, A. (2007). Tecnología agrícola y territorio: el caso de los productores de maíz de Tlaxcala, México. *Investigaciones Geográficas*, (63), 36-55.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2020). *Boletín Técnico Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019*, Recuperado el 20 de febrero de 2021, de

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin_ena_2019.pdf

- DANE (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria*, Recuperado el 20 de febrero de 2021, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>
- DANE (2014). *Censo Nacional Agropecuario*. Recuperado el 20 de septiembre de 2019, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>
- DANE (2016). *3er Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2 Resultados*. Recuperado el 10 de noviembre de 2020, de <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>
- Despotović, J., Rodić, V., & Caracciolo, F. (2019). Factors affecting farmers' adoption of integrated pest management in Serbia: An application of the theory of planned behavior. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1196-1205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.149>
- Dessart, F. J., Barreiro-Hurlé, J., & van Bavel, R. (2019). Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review. *Eur. Rev. Agric. Econ*, 46(3), 417-471. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz019>
- Díaz, L. (2010). Procesos de innovación regional en la Región de Los Lagos: un análisis a través de la proximidad geográfica y organizacional de sus actores. *Interações*, 11(2), 149-159. <https://doi.org/10.1590/S1518-70122010000200004>
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales [DIAN]. (2019). *Estadísticas de Comercio Exterior*. Recuperado el 12 de noviembre de 2019, de <https://www.dian.gov.co/dian/cifras/Paginas/EstadisticasComEx.aspx>
- Díaz-José, J., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., & Muñoz-Rodríguez, M. (2013). Análisis dinámico de redes en la difusión de innovaciones agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(7), 1095–1102.
- Douthwaite, B., Carvajal, A., Álvarez, S., Claros, E., & Hernández, L. A. (2006). Building farmers' capacities for networking (Part I): Strengthening rural groups in Colombia through network analysis. *Knowledge Management for Development Journal*, 2(2), 4-18.
- Eidt, C., Pant, L., & Hickey, G. (2020). Platform, participation, and power: how dominant and minority stakeholders shape agricultural innovation. *Sustainability*, 12(2), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su12020461>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University-Industry-Government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123.

- Fadare, O. A., Akerele, D., & Toritseju, B. (2014). Factors influencing adoption decisions of maize farmers in Nigeria. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 2(3), 45-54.
- FAO. (2019a). *Crop Prospects and Food Situation. Informe trimestral mundial No. 3 [pdf]*. Recuperado el 22 de octubre de 2019, de <http://www.fao.org/giews/reports/crop-prospects/es/>
- FAO. (2019b). *FAOSTAT [online]*. Recuperado el 20 de octubre de 2019, de <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- FAO. (2019c). *Food Outlook. Informe Bianual [pdf]*. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <http://www.fao.org/giews/reports/food-outlook/es/>
- FAO-BID. (2007). *Políticas para la Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe. Resumen Ejecutivo*. Recuperado el 20 de julio de 2020, de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/politicafaf_resu.pdf
- Faturoti, B. O., Emah, G. N., Isife, B. I., Tenkouano, A., & Lemchi, J. (2006). Prospects and determinants of adoption of IITA plantain and banana based technologies in three Niger Delta States of Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 5(14), 1319-1323.
- FENALCE. (2019a). *Estadísticas de Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya*. Recuperado el 7 de noviembre de 2019, de <https://www.fenalce.org/alfa/pg.php?pa=60>
- FENALCE. (2019b). *Indicadores Cerealistas*. Recuperado el 3 de noviembre de 2019, de <https://www.fenalce.org/archivos/indicerealista2019A.pdf>
- Foguesatto, C. R., & Machado, J. A. (2021). Adoption of sustainable agricultural practices in Brazil: understanding the influence of socioeconomic and psychological factors. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 2044-0839. <https://doi.org/10.1108/JADEE-11-2020-0256>
- Foguesatto, C. R., Borges, J. A., & Machado, J. A. (2020). A review and some reflections on farmers' adoption of sustainable agricultural practices worldwide. *Science of the total environment*, 138831. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138831>
- Freeman, L. (2004). *The development of social network analysis. A Study in the Sociology of Science*. Vancouver: Empirical Press.
- Freeman, C. (1995). The national system of innovation in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 1–19.
- Gamboa, V., Barkmann, J., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.07.484>

- Garner, C., & Ternouth, P. (2011). Absorptive capacity and innovation in the triple helix model. *International Journal of Knowledge-Based Development*, 2(4), 357-371. <https://doi.org/10.1504/IJKBD.2011.044313>
- Garrido-Rubiano, M. F., Martínez-Medrano, J. C., Martínez-Bautista, H., Granados-Carvajal, R. E., & Rendón-Medel, R. (2017). Pequeños productores de maíz en el Caribe colombiano: estudio de sus atributos y prácticas agrícolas. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 7-23.
- Garrido-Rubiano, M. F., Martínez-Medrano, J. C., Rendón-Medel, R., & Granados-Carvajal, R. E. (2016). Los sistemas de innovación y su impacto en el desarrollo territorial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (15), 3143–3152. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i15.432>
- Gómez-Carretero, T., Zarazúa, 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.
- Goulet, F., Le Coq, J. F., Sotomayor, O. (comp.) (2019). *Sistemas y políticas para el sector agropecuario en América Latina* (1ª ed.). Rio de Janeiro: E-papers.
- Govaerts, B., Vega, D., Chávez, X., Narro, L., San Vicente, F., Pérez, M., ...Tapasco, J. (2019). *Maíz para Colombia - Plan Estratégico 2030*. México: CIMMYT.
- Grande, C., & Orozco, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Guillermo de Ockham*, 11(1), 97–110. <https://doi.org/10.21500/22563202.604>
- Granstrand, O. (2000). Corporate innovation systems: a comparative study of multi-technology corporations in Japan, Sweden and the USA. Recuperado el 20 de diciembre de 2020, de <http://www.lem.sssup.it/Dynacom/D21.html>
- Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90, 1-12 <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>
- Habtemariam, A. G., & Duvel, G. H. (2003). Towards a categorisation of behaviour determinants with a view to a more meaningful analysis, intervention and evaluation of adoption behaviour. *South African Journal of Agricultural Extension*, 32, 73-84.
- Hamdouch, A., & Depret, M. H. (2009). Surveying the literature on territorial innovation systems: a suggested interpretation framework. *SSRN*, 1524129. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1524129>
- Hanumanaikar, R. H., Jadhav, S. N., & Ashalatha, K. V. (2009). Correlation of socio-economic profile and adoption pattern of sugarcane practices by sugarcane growers of Karnataka state. *Agriculture Update*, 4(1-2), 51-55.

- Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413-432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Hermans, F., Geerling-Eiff, F., Potters, J., & Klerkx, L. (2019). Public-private partnerships as systemic agricultural innovation policy instruments—Assessing their contribution to innovation system function dynamics. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 88, 76-95. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.10.001>
- Jara-Rojas, R., Bravo-Ureta, B. E., & Díaz, J. (2012). Adoption of water conservation practices: A socioeconomic analysis of small-scale farmers in Central Chile. *Agricultural Systems*, 110, 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.008>
- Jara-Rojas, R., Russy, S., Roco, L., Fleming-Muñoz, D., & Engler, A. (2020). Factors affecting the adoption of agroforestry practices: insights from silvopastoral systems of Colombia. *Forests*, 11(6), 648. <https://doi.org/10.3390/f11060648>
- Kafle, B. (2010). Determinants of adoption of improved maize varieties in developing countries: A review. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 1(1), 1-7.
- Kamruzzaman, M., Daniell, K. A., Chowdhury, A., & Crimp, S. (2021). The Role of Extension and Advisory Services in Strengthening Farmers' Innovation Networks to Adapt to Climate Extremes. *Sustainability*, 13(4), 1941. <https://doi.org/10.3390/su13041941>
- Kashani, E., & Roshani, S. (2019). Evolution of innovation system literature: Intellectual bases and emerging trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.010>
- Klerkx, L., Hall, A., & Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer? *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 8(5/6), 409-438. <https://doi.org/10.1504/IJARGE.2009.032643>
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological forecasting and social change*, 76(6), 849-860.
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (pp. 457–483). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20

- Knowler, D., & Bradshaw, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food policy*, 32(1), 25-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.01.003>
- Kilelu, C., Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2013). 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. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.03.003>
- Kolady, D. E., Van der Sluis, E., Uddin, M. M., & Deutz, A. P. (2021). Determinants of adoption and adoption intensity of precision agriculture technologies: evidence from South Dakota. *Precision Agriculture*, 22(3), 689-710. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09750-2>
- Lam, D., Martin-Lopez, B., Horcea-Milcu, A., & Lang, D. (2021). A leverage points perspective on social networks to understand sustainability transformations: evidence from Southern Transylvania. *Sustainability Science*, 16, 809-826. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00881-z>
- Lamprinopoulou, C., Renwick, A., Klerkx, L., Hermans, F., & Roep, D. (2014). Application of an integrated systemic framework for analysing agricultural innovation systems and informing innovation policies: Comparing the Dutch and Scottish agrifood sectors. *Agricultural Systems*, 129, 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.001>
- Landini, F. (2016). Concepción de extensión rural en 10 países latinoamericanos. *Andamios*, 13(30), 211-236.
- Läpple, D., Renwick, A., & Thorne, F. (2015). Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: Evidence from Ireland. *Food Policy*, 51, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.11.003>
- List, F. (1997). *Sistema Nacional de Economía Política*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Liu, T., Bruins, R. J., & Heberling, M. T. (2018). Factors influencing farmers' adoption of best management practices: A review and synthesis. *Sustainability*, 10(2), 1-26. <https://doi.org/10.3390/su10020432>
- Long, T. B., Blok, V., & Coninx, I. (2016). Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. *Journal of Cleaner Production*, 112, 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.044>
- Lourenco, J. S., Ciriolo, E., Almeida, S. R., & Dessart, F. J. (2016). *Behavioural Insights Applied to Policy: Country Overviews 2016*. Recuperado el 20 de julio de 2020, de Joint Research Centre, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC100547>
- Lozares, C. (1996). La teoría de redes sociales. *Papers: Revista de Sociología*, (48), 103-126.

- Lundvall, B. (2016). National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning. In Lundvall, B. *The Learning Economy and the Economics of Hope* (pp. 83-106). Nueva York: Anthem Press https://doi.org/https://doi.org/10.26530/OAPEN_626406
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247–264. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00139-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00139-1)
- Malerba, F. (2004). *Sectoral systems of innovation: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe*. New York: Cambridge University Press.
- Marín, A., & Berkes, F. (2010). Network approach for understanding small-scale fisheries governance: The case of the Chilean coastal co-management system. *Marine Policy*, 34(5), 851-858. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.01.007>
- Méndez, R. (2002). Innovación y desarrollo territorial: Algunos debates teóricos recientes. *EURE*, 28(84), 63-83.
- Méndez, R. (2006). La construcción de redes locales y los procesos de innovación como estrategias de desarrollo rural. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 37(147), 217-240.
- Martínez-Castro, C., Ramírez-Seañez, A., & Marina-Clemente, J. (2020). Factores socioeconómicos y nivel de adopción tecnológica en unidades de producción de piña en Loma Bonita, Oaxaca, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(80), 71-79.
- Mercado-Escamilla, F., Ayala Garay, A. V., Flores Trejo, A., Oble Vergara, E., & Almaguer Vargas, G. (2019). Factores que influyen en la adopción de innovaciones en productores de naranja en Álamo, Veracruz. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(2), 183-198.
- Mercer, D. E. (2004). Adoption of agroforestry innovations in the tropics: a review. *Agroforestry systems*, 61(1), 311-328.
- Mignouna, D. B., Manyong, V. M., Rusike, J., Mutabazi, K. D. S., & Senkondo, E. M. (2011). Determinants of Adopting Imazapyr-Resistant Maize Technologies and its Impact on Household Income in Western Kenya. *AgBioForum*, 14(3), 158-163.
- Milkias, D., & Abdulahi, A. (2018). Determinants of agricultural technology adoption: the case of improved highland maize varieties in Toke Kutaye District, Oromia Regional State, Ethiopia. *Journal of Investment and Management*, 7(4), 125-132. <https://doi.org/10.11648/j.jim.20180704.13>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria - SNIA. Recuperado el 20 de noviembre de 2019, de <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Paginas/SNIA.aspx>

- Molano, S., & Polo, A. (2015). Social network analysis in a learning community. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 185, 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.381>
- Moncayo, E. (2018). Las políticas regionales de ciencia, tecnología e innovación en Colombia: surgimiento, evolución y balance de la situación actual. *Opera*, 23, 185-208. <https://doi.org/10.18601/16578651.n23.11>
- Muscio, A. (2006). From regional innovation systems to local innovation systems: evidence from Italian industrial districts. *European Planning Studies*, 14(6), 773-789. <https://doi.org/10.1080/09654310500496073>
- Muñoz-Rodríguez, M., Altamirano-Cárdenas, J. R., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & Espejel-García, A. (2007). *Innovación: motor de la competitividad agroalimentaria*. México: CIESTAAM.
- Muñoz-Rodríguez, M., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., García-Muñoz, J. G., & Altamirano-Cárdenas, R. (2004). *Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural*. México: Universidad Autónoma Chapingo y Fundación Produce Michoacán A. C.
- Mutanyagwa, A. P., Isinika, A., & Kaliba, A. R. (2018). The factors influencing farmers' choice of improved maize seed varieties in Tanzania. *Int J Sci Res*, 6(4), 55-63. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v6i4.ah01>
- Nederlof, S., Wongtschowski, M., & van der Lee, F. (2011). *Putting heads together: Agricultural innovation platforms in practice*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <http://www.bibalex.org/Search4Dev/files/417494/363104.pdf>
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems: A comparative analysis*. Nueva York: Oxford University Press.
- Nkamleu, G. B., & Manyong, V. M. (2005). Factors affecting the adoption of agroforestry practices by farmers in Cameroon. *Small-scale forest economics, management and policy*, 4(2), 135-148.
- Nossal, K., & Lim, K. (2011). *Innovation and productivity in the Australian grains industry*. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics. Canberra: Commonwealth of Australia.
- Nupia, C. (2020). *Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo productivo: en dónde estamos y para dónde podríamos ir*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/16871.pdf>
- Ochoa, R. & Peña, J. (2012). Teoría de la difusión de innovaciones: evolución y uso en los sistemas de información. *III Congreso Internacional de gestión tecnológica e innovación – COGESTEC*. Recuperado el 12 de noviembre de 2020, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56292>
- OCDE (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*. (4ª Edición). The Measurement of Scientific,

- Technological and Innovation Activities. Luxembourg: OECD Publishing y Eurostat, <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- OCDE (2017). *Behavioural Insights and Public Policy. Lessons from Around the World*. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264270480-en>
- OCDE (2015). *Revisión de la OCDE de las Políticas Agrícolas: Colombia 2015. Evaluación y Recomendaciones de Política*. Recuperado el 10 de noviembre de 2020, de <https://www.oecd.org/colombia/Colombia-Revision-OCDE-Politicas-Agricolas-2015.pdf>
- Ordóñez-Matamoros, G., Díaz, J. F., Centeno, J. P., & Guevara, C. A. (2021). Towards a functional governance framework for regional innovation systems in emerging economies: the case of Risaralda (Colombia). *Innovation and Development*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2021.1880054>
- Orozco, L. A., Villaveces, J. L., Ordóñez-Matamoros, G., & Moreno, G. (2019). Innovation policy and governance networks on national innovation systems. *17th International Conference on Scientometrics & Informetrics*, 541-553. Recuperado de https://www.issi-society.org/proceedings/issi_2019/ISSI%202019%20-%20Proceedings%20VOLUME%20I.pdf
- Pali, P. & Swaans, K. (2013). *Guidelines for innovation platforms: Facilitation, monitoring and evaluation*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/27871/ILRlmanual8.pdf?se>
- Pannell, D. J., Llewellyn, R. S., & Corbeels, M. (2014). The farm-level economics of conservation agriculture for resource-poor farmers. *Agriculture, ecosystems & environment*, 187, 52-64. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.014>
- Patel, P. L., & Supe, S. V. (2011). Adoption behaviour of sugarcane growers regarding integrated pest and disease management practices in Nandurbar district. *Agriculture Update*, 6(3/4), 201-205.
- Pattanayak, S. K., Mercer, D. E., Sills, E., & Yang, J. C. (2003). Taking stock of agroforestry adoption studies. *Agroforestry systems*, 57(3), 173-186.
- Pellegrin, I., Villamil, M., Valle, J., & Vaz, S. (2010). Dynamizing innovation systems through induced innovation networks: a conceptual framework and the case of the oil industry in Brazil. *Journal of technology management & innovation*, 5(3), 15-35. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242010000300002>
- Peña, A. V., & Domínguez, J. N. (2020). Atributos de los productores de camélidos sudamericanos y su relación con la adopción de innovaciones. caso de un municipio boliviano. *Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação*, 2(2), 118-127.

- Perera, M. S., Sivayoganathan, C., & Wijeratne, M. (2003). Technical knowledge and adoption of farming practices to farmer level extension communication of outgrower farmers of Sri Lankan sugar industry. *Sugar Tech*, 5(3), 121-129.
- Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., & Canavari, M. (2013). Drivers of precision agriculture technologies adoption: a literature review. *Procedia Technology*, 8, 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.010>
- Priegnitz, U., Lommen, W., Onakuse, S., & Struik, P. (2019). A farm typology for adoption of innovations in potato production in Southwestern Uganda. *Front. Sustain. Food Syst.*, 3(68), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00068>
- Prokopy, L. S., Floress, K., Klotthor-Weinkauf, D., & Baumgart-Getz, A. (2008). Determinants of agricultural best management practice adoption: Evidence from the literature. *Journal of soil and water conservation*, 63(5), 300-311. <https://doi.org/10.2489/jswc.63.5.300>
- Rahman, S. (2020). Farmers' perceptions of integrated pest management (IPM) and determinants of adoption in vegetable production in Bangladesh. *International Journal of Pest Management*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1807653>
- Rajalahti, R., Janssen, W., & Pehu, E. (2008). *Agricultural innovation systems: From diagnostics toward operational practices systems*. Washington, DC: The World Bank.
- Ramírez-Gómez, C. J., Velasquez, J. R., & Aguilar-Avila, J. (2020). Trust networks and innovation dynamics of small farmers in Colombia: An approach from territorial system of agricultural innovation. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 52(2), 253-266.
- Reed, G., & Hickey, G. M. (2016). Contrasting innovation networks in smallholder agricultural producer cooperatives: Insights from the Niayes Region of Senegal. *Journal of Co-operative Organization and Management*, 4(2), 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.jcom.2016.09.001>
- Rendón-Medel, R., Roldán, E., Hernández, B., & Cadena, P. (2015). Los procesos de extensión rural en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 151-161. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.746>.
- Rendón-Medel, R., & Aguilar-Ávila, J. (2013). *Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas*. México: MAPorrúa Librero Editor.
- Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Muñoz-Rodríguez, M., & Altamirano-Cárdenas, J. R. (2007). *Identificación de actores clave para la gestión de la innovación: el uso de redes sociales*. México: CIESTAAM, PIIAI.
- República de Colombia. (2017). *Ley 1876 de 2017 por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones*. Recuperado el 11 de septiembre de 2019, de

[http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY 1876 DEL 29 DE DICIEMBRE DE 2017.pdf](http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_1876_DEL_29_DE_DICIEMBRE_DE_2017.pdf)

- Rodríguez-Espinosa, H., Ramírez-Gómez, C. J., & Restrepo-Betancur, L. F. (2016). Nuevas tendencias de la extensión rural para el desarrollo de capacidades de autogestión. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 31–42. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num1_art:457
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations* (4^a ed.). New York: The Free Press.
- Roldán, E., Rendón-Medel, R., Camacho-Villa, T. C., & Aguilar-Ávila, J. (2018). Interaction management in rural innovation processes. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 29-42.
- Russell, M., & Smorodinskaya, N. (2018). Leveraging complexity for ecosystemic innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 114-131. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.024>
- Sánchez-Sánchez, A., Santoyo-Cortés, V. H., De La Vega-Mena, M., Muñoz-Rodríguez, M. & Martínez-González, E. G. (2020). Adopción de innovaciones y factores asociados en empresas familiares agropecuarias y agroindustriales de México. *Estudios Gerenciales*, 36(154), 43-55. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2020.154.3424>
- Sartas, M., Schut, M., Hermans, F., Asten, P. V., & Leeuwis, C. (2018). Effects of multi-stakeholder platforms on multi-stakeholder innovation networks: implications for research for development interventions targeting innovations at scale. *PloS one*, 13(6), e0197993. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197993>
- Schaller, N. (2006). *Extensión rural: ¿hacia dónde vamos?, ¿hacia dónde ir?* Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Schut, M., Klerkx, L., Sartas, M., Lamers, D., Mc Campbell, M., Ogonna, I., ... & Leeuwis, C. (2016). Innovation platforms: experiences with their institutional embedding in agricultural research for development. *Experimental agriculture*, 52(4), 537-561.
- Senyolo, M. P., Long, T. B., Blok, V., & Omta, O. (2018). How the characteristics of innovations impact their adoption: An exploration of climate-smart agricultural innovations in South Africa. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3825-3840.
- Sigurdson, J., & Cheng, A. (2001). New technological links between national innovation systems and corporations. *International Journal of Technology Management*, 22(5-6), 417-434. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2001.002971>
- Singh, S., & Bhowmick, B. (2015). An exploratory study for conceptualization of rural innovation in Indian context. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 207, 807-815. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.171>

- Spielman, D., Davis, K., Negash, M., & Ayele, G. (2011). Rural innovation systems and networks: Findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agriculture and Human Values*, 28(2), 195–212. <https://doi.org/10.1007/s10460-010-9273-y>
- Spielman, D., Ekboir, J., & Davis, K. (2009). The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technology in Society*, 31(4), 399-405. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.10.004>
- Suárez J. V., Rendón, R., Ramírez, C. A. & Cervantes, F. (2021). Los productores de maíz en Colombia ante la innovación tecnológica ¿Qué factores influyen en su adopción? *IX Congreso Internacional y XXIII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas*, 369-370. Recuperado de https://www.chapingo.mx/agronomico/memoria_CINCA_2021/
- Sunding, D., & Zilberman, D. (2001). The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector. *Handbook of agricultural economics*, 1, 207-261. [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(01\)10007-1](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(01)10007-1)
- Takahashi, K., Muraoka, R., & Otsuka, K. (2020). Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature. *Agricultural Economics*, 51(1), 31-45. <https://doi.org/10.1111/agec.12539>
- Tama, R. A. Z., Ying, L., Yu, M., Hoque, M. M., Adnan, K. M., & Sarker, S. A. (2021). Assessing farmers' intention towards conservation agriculture by using the extended theory of planned behavior. *Journal of Environmental Management*, 280, 111654. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111654>
- Taramuel, J., Barrios, D., & Cerón-Muñoz, M. (2019). Adopción tecnológica en sistemas de producción de leche del resguardo indígena de Cumbal en el departamento de Nariño, Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 31 (4), 1-13.
- Tey, Y. S., & Brindal, M. (2012). Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision agriculture*, 13(6), 713-730. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>
- Theophilus, K. A., Robert, A., & Paul, S. M. (2019). Determinants of the extent of adoption of maize production technologies in Northern Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 14(19), 819-827. <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.13912>
- Touzard, J. M., Temple, L., Faure, G., & Triomphe, B. (2015). Innovation systems and knowledge communities in the agriculture and agrifood sector: a literature review. *Journal of Innovation Economics Management*, 2(17), 117-142. <https://doi.org/10.3917/jie.017.0117>

- Tovar, Y. S., Fernández, F. G., & Flores, J. E. M. (2015). La capacidad de innovación y su relación con el emprendimiento en las regiones de México. *Estudios gerenciales*, 31(136), 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2015.04.001>
- Turner, J., Klerkx, L., Rijswijk, K., Williams, T., & Barnard, T. (2016). Systemic problems affecting co-innovation in the New Zealand Agricultural Innovation System: Identification of blocking mechanisms and underlying institutional logics. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 76, 99-112. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2015.12.001>
- UPRA (2021). Plan de Ordenamiento Productivo. Análisis Situacional de la Cadena Productiva del Maíz en Colombia. Versión 4, Recuperado el 10 de octubre de 2021, de https://www.upra.gov.co/documents/10184/198664/20211001_DT_AnalisisSituacional_Maiz_V4_Final.pdf/2fb0a0d1-c1b1-4f98-b8da-ff3e52e33e1a
- UPRA (2020a). Plan de Ordenamiento Productivo para la cadena de maíz 2020-2030, Recuperado el 20 agosto de 2020, de https://www.upra.gov.co/documents/10184/124468/20200813_PPT_POP_Cadena_Maiz.pdf/09b96be9-7d18-4eb6-b44b-975c97fb6f29
- UPRA (2020b). Lineamientos de Política para la cadena de maíz 2020-2030, Recuperado el 5 de septiembre de 2020, de https://www.upra.gov.co/documents/10184/124468/20200811_DLmaiz.pdf/f9b9abaf9-413b-4848-87c1-7f2601c5c68d
- Van Winden, W., Braun, E., Otgaar, A., & Witte, J. J. (2014). *Urban innovation systems: What makes them tick?* New York: Routledge.
- Vargas, J. M., Palacios, M. I., Camacho, J. H., Aguilar, J., & Ocampo, J. G. (2015). Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(4), 827-840.
- Vieira, F. C., Bonfim, L. R., & da Cruz, A. C. (2021). The process of opening innovation networks: open innovation at Embrapa Florestas. *Innovation & Management Review*. 1-17. <https://doi.org/10.1108/INMR-05-2020-0057>
- Vonortas, N. (2009). Innovation networks in industry. In Malerba, F. & Vonortas, N (Eds.), *Innovation Networks in Industries* (pp. 27-44). UK: Edward Elgar Publishing.
- Wong, C. Y., Ng, B. K., Azizan, S. A., & Hasbullah, M. (2018). Knowledge structures of city innovation systems: Singapore and Hong Kong. *Journal of Urban Technology*, 25(1), 47-73. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1348882>
- Yin, X., Chen, J., & Li, J. (2019). Rural innovation system: Revitalize the countryside for a sustainable development. *Journal of Rural Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.10.014>

- Yoguel, G., & Lopez, M. (2000). Sistemas locales de innovación y el desarrollo de la capacidad innovativa de las firmas: las evidencias del cuasi-districto industrial de Rafaela. *Redes*, 7(15), 45-94.
- Zarazúa, 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.

8. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de Congruencia de la Investigación.



Universidad Autónoma Chapingo
Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y
Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial
Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial



Título de la Tesis: Redes territoriales de innovación: El caso del maíz en Colombia
Línea de Investigación CIESTAAM: Ciencia, Sociedad, Tecnología e Innovación en el Sector Rural
Comité Asesor: Dr. Roberto Rendón Medel, Dr. Cesar Adrián Ramírez y Dr. Fernando Cervantes Escoto
Maestrante: Jennifer Valeria Suárez Rincón

Objetivos generales	Preguntas de investigación	Marco teórico	Hipótesis	Variables
1. Identificar la estructura actual del sistema de innovación del maíz en Colombia.	¿Cuál es la estructura actual del sistema de innovación del maíz en Colombia?	<p>-La innovación como sistema (Klerkx et al., 2012; Klerkx et al., 2009; Lamprinopoulou et al., 2014).</p> <p>-Sistema de Innovación Agrícola (Banco Mundial, 2008; Lundvall, 2016; República de Colombia, 2017).</p> <p>-Dominios del Sistema de Innovación (Arnold & Bell, 2001; Banco Mundial, 2008; Rajalahti et al., 2008; Lamprinopoulou et al., 2014).</p>	1. El sistema de innovación del maíz está conformado por múltiples y complejas relaciones entre diversos tipos de actores, por lo que su estructura favorece o condiciona el alcance de los productores de maíz para obtener e intercambiar información, conocimiento y demás recursos.	<p>Tipo de Actor (Hipótesis 1) -Número de Actores en cada dominio del Sistema de innovación.</p> <p>Atributos del Productor (Hipótesis 1 y 2) -Género -Edad -Años de Escolaridad</p> <p>Características de la Unidad de Producción (Hipótesis 1 y 2) -Ubicación geográfica</p>

Objetivos generales	Preguntas de investigación	Marco teórico	Hipótesis	Variables
<p>2. Analizar la dinámica de innovación y los factores asociados a la conducta innovadora de los productores de maíz en Colombia.</p>	<p>¿Cuáles son los factores que se relacionan con la adopción de innovaciones por parte de los productores de maíz en Colombia?</p>	<p>-Redes de innovación (República de Colombia, 2017; Rendón-Medel & Aguilar-Ávila, 2013; Aguilar-Gallegos et al., 2017; Muñoz-Rodríguez et al., 2004; Spielman et al., 2011).</p> <p>-Teoría de redes sociales (Borgatti et al., 2009; Freeman, 2004; Lozares, 1996).</p> <p>-Difusión y Adopción de innovaciones (Rogers, 1995; Díaz-José et al., 2013; Muñoz-Rodríguez et al., 2007).</p> <p>-Intermediario sistémico (Klerkx & Leeuwis, 2009; Klerkx et al., 2009).</p>	<p>2. Los procesos de innovación dependen tanto de las características del productor y de la unidad de producción, como de las interacciones que se establezcan dentro del sistema.</p>	<p>-Tipo de Cultivo (Convencional, OGM, Variedad) -Superficie sembrada -Rendimiento grano (2018 y 2019) -Tenencia de la tierra -Régimen hídrico -Destino de la producción</p> <p>Dinámica de la innovación (Hipótesis 2 y 3)</p> <p>Red técnica -Número de innovaciones adoptadas en la unidad de producción del catálogo de 16 innovaciones de FENALCE. -Grado de entrada del entrevistado como fuente de información y conocimiento -Grado de salida del entrevistado en la búsqueda de información y conocimiento -Año de adopción de la innovación</p>
<p>3. Proponer una estrategia de gestión de la innovación para el maíz en Colombia.</p>	<p>¿Qué elementos deben considerarse para la gestión del sistema de innovación del maíz en Colombia?</p>		<p>3. La estrategia de gestión de la innovación debe estar orientada hacia dos escenarios: i) Mejorar el flujo de recursos entre los actores que ya hacen parte del sistema e ii) Integrar a los actores que desempeñan actividades clave para que el sistema de innovación funcione correctamente, pero que en la actualidad no participan en los procesos de innovación del maíz.</p>	<p>Dinámica comercial (Hipótesis 2 y 3)</p> <p>Red comercial -Identificación de proveedores y clientes -Razón de compra -Fecha de la última venta -Razón de venta</p>

Objetivos generales	Preguntas de investigación	Marco teórico	Hipótesis	Variables
				-Volumen y precio de venta Indicadores de red (Hipótesis 2 y 3) -Densidad -Centralización -Diversidad de los vínculos Indicadores de nodo (Hipótesis 2 y 3) -Centralidad de grado (<i>degree</i>), -Intermediación (<i>betweenness</i>) -Integración y Radialidad --Cobertura

Apéndice 2. Instrumento Aplicado a Productores de maíz en Colombia.



REGISTRO PARA LA INNOVACIÓN Y EL ORDENAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN

Los datos que proporcione el productor son de dominio gremial y serán estrictamente confidenciales (Ley 1581 de 2012. *Habeas data*). Se le solicita sea tan amable de contestar las siguientes preguntas:

1. **IDENTIFICACIÓN** Cédula Ciudadanía NIT No. Fecha de registro (DD/MM/AA):

<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	[<u> </u>]	[<u> </u>]	[<u> </u>]
Nombre (s)	Primer apellido	Segundo apellido	Edad	Años de Escolaridad	Género
<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>		
Nombre de la finca	Vereda	Municipio	Departamento		

Cultivo	Superficie sembrada	Rendimiento (grano) 2018	Rendimiento (grano) 2019	Tenencia de la tierra	Régimen hídrico	Maquinaria
<u> </u> Convencional [] OGM [] Variedad [] En caso que sea variedad especifique:	[<u> </u>] ha	A [<u> </u>] toneladas/ha	[<u> </u>] tonelada(s)/ha	Propia [] Arrendada [] Otra []	Riego [] Secano []	Propia [] Arrendada [] Otra []
		B [<u> </u>] toneladas/ha	[<u> </u>] toneladas/ha			

2. RED DE INNOVACIÓN

Tipo de innovación	¿De quién(es) lo aprendió? (nombre completo)	Tipo de actor*	Año
1. Fecha adecuada de siembra			
2. Calicata y profundidad efectiva			
3. Siembra directa			
4. Labranza convencional			
5. Análisis de suelos			
6. Semilla certificada			
7. Protección adicional a la semilla			
8. Densidad de siembra			
9. Fertilización balanceada a la siembra			
10. Fracción nitrógeno			
11. Fracción potasio			
12. Monitoreo de malezas			
13. Monitoreo de plagas			
14. Monitoreo de enfermedades			
15. Población a cosecha			
16. Calibra cosechadora			

*Consulte el cuadro explicativo No. 1. en la guía

3. RED COMERCIAL: IDENTIFICACIÓN DE PROVEEDORES Y CLIENTES

3.1 ¿A quién le compra sus insumos?

Tipo	Nombre del vendedor	Tipo de actor*	¿Por qué razón le compra los insumos a este proveedor?*
1. Fertilizantes			
2. Semilla			
3. Agroquímicos			

** a) Es el único proveedor en la región, b) Me ofrece un mejor precio, c) Me da crédito y le pago con mi cosecha, d) Es el más cercano, e) Pesa bien f) Otro: Especifique.

3.2 ¿Quién le presta los siguientes servicios?: (Marque con una X según corresponda)

Servicio	Tipo de instrumentos empleados	Nombre del proveedor del servicio	Tipo de actor*
1. Secado Propio [] alquilado []	Artisanal [] Secadora [] Otro [] ¿Cuál? _____		
2. Almacenamiento Propio [] alquilado []	Silo [] Silobolsa [] Bodega [] Patio [] Otro [] ¿Cuál? _____		
3. Transporte Propio [] alquilado []	Animal [] Vehículo []		

*Consulte el cuadro explicativo No.1. en la guía

3.3 ¿A quién le vende su producto?

¿A quién le vende su cosecha? (Nombre o referencia)	Actividad del comprador	Fecha de última venta	¿Por qué razón le vende a ese comprador?*	¿Cuánto volumen le vendió la última vez? (toneladas)	¿A qué precio? (\$/tonelada)
1.					
2.					
3.					

* a) Es el único comprador en la región, b) Me ofrece un mejor precio, c) Me presta dinero y le pago con mi cosecha, d) Trato previo de compra-venta de palabra, e) Venta por contrato, f) Es el más cercano, g) Pesa bien h) Paga rápido y en efectivo. i) Otro: Especifique. _____

3.4 ¿Cuál es el destino de la producción? Marque según corresponda. Si tiene varios destinos, puede marcar varias opciones:

Consumo Humano [___ %] Consumo Animal [___ %] Industria [___ %] Exportación [___ %] Otro [___ %] No sabe [___ %]

3.5 ¿Qué proporción de su producción asigna para su autoconsumo? Marque según corresponda. Si tiene varios destinos, puede marcar varias opciones:

Humano [___ %] Animal [___ %] Procesamiento [___ %]

Firma del afiliado _____ Funcionario Fenalce _____