

# Innovación en la investigación agropecuaria

Coordinador  
Holmes Rodríguez Espinosa

Innovación

# Innovación en la investigación agropecuaria

**Coordinador**  
Holmes Rodríguez Espinosa



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**  
Facultad de Ciencias Agrarias



Primera edición: mayo 2022  
ISBN: 978-628-7519-65-7

**Coordinador:**  
Holmes Rodríguez Espinosa

**Autores:**

**Carlos Julián Ramírez Gómez,**  
Ing. Agrón., MSc, PhD.  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Holmes Rodríguez Espinosa,**  
Ing. Agríc., MSc, PhD.  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Eliana A. Lopera Sepúlveda,**  
Zoot, MSc.  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Carmen Milena Guacaneme-Barrera,**  
Zoot, MSc.  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Mario Fernando Cerón-Muñoz,**  
Zoot., MSc, Dr. en Zootecnia  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Natalia Andrea Zapata-Zapata,**  
Zoot, Esp.  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Marisol Medina-Sierra,**  
Ing. Agrón., MSc, Dra. en Ciencias  
Ambientales  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Liliana Mahecha-Ledesma,**  
Zoot, MSc, Dr. Agricultura y Medio  
Ambiente.  
Universidad de Antioquia,  
Grupo de Investigación en Ciencias  
Agrarias (GRICA)

**Joaquín Ángulo-Arizala,**  
Zoot, MSc, Dr. Ciencias Animales.  
Universidad de Antioquia,  
Grupo de Investigación en Ciencias  
Agrarias (GRICA)

**Jeraldyn Argüello-Rangel,**  
MVZ, MSc Ciencias Animales,  
Universidad de Antioquia,  
Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias  
(GRICA)

**Mariana Toro-Perez,**  
Zoot.  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**Jhare Jhuliana Taborda,**  
Zoot.  
Grupo de Investigación GAMMA,  
Universidad de Antioquia

**José Fernando Guarín,**  
Zoot. MSc, Dr.  
Grupo de Investigación GRICA,  
Universidad de Antioquia

**Win Houwers,**  
Ing.  
Wageningen University and Research  
Empresa Lavaca Wageningen

**Bram Wouters,**  
Ing. Agríc.  
Wageningen University and Research

**Corrección de textos**

Ari Vélez  
Angélica Gómez

**Diseño y diagramación**  
Sandra Arango, Oficio Gráfico



Este obra está bajo una licencia de  
Creative Commons Reconocimiento- No Comercial-  
Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.



Página Web



Facebook



## Agradecimientos

Esta publicación contó con el apoyo del CEDAIT –Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico de Innovación e Integración Territorial El Carmen de Viboral, Antioquia, Occidente, subproyecto Implementación de los Laboratorios Territoriales en las subregiones del Bajo Cauca, Suroeste, Occidente y Urabá, liderado por la Universidad de Antioquia y la Universidad Católica de Oriente, con recursos del Sistema General de Regalías y de la Gobernación de Antioquia.





# Contenido

Presentación.....	7
<b>Capítulo 1.</b>	
Abordaje metodológico integrador para el análisis de sistemas territoriales de innovación.....	11
<b>Capítulo 2.</b>	
Análisis de referentes teóricos de un modelo antropogógico de extensión agropecuaria con enfoque social constructivista .....	47
<b>Capítulo 3.</b>	
Laboratorios Territoriales como experiencia innovadora en el acompañamiento técnico, económico y social a familias productoras de cacao .....	71
<b>Capítulo 4.</b>	
Sistemas silvopastoriles: estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI.....	103
<b>Capítulo 5.</b>	
Evaluación de la adopción de tecnologías en producción lechera.....	145

Innovación en la investigación agropecuaria

Holmes Rodríguez Espinosa (Coordinador).

Fondo Editorial Biogénesis, 2022

Número de páginas: 168

ISBNe: 978-628-7519-65-7

Abordaje metodológico integrador para el análisis de sistemas territoriales de innovación. Análisis de referentes teóricos de un modelo antropogógico de extensión agropecuaria con enfoque social constructivista. Laboratorios Territoriales como experiencia innovadora en el acompañamiento técnico, económico y social a familias productoras de cacao. Sistemas silvopastoriles: estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI. Evaluación de la adopción de tecnologías en producción lechera.

# Presentación

Este libro se edita en el marco del Plan de Acción 2018-2021 de la Facultad de Ciencias Agrarias, específicamente en el reto *Aportar al Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria integrando la investigación y la extensión*. Este tiene como propósito interconectar la investigación, la extensión y la innovación para mejorar el relacionamiento con el sector productivo, fortalecer las alianzas público-privadas nacionales e internacionales y las redes del conocimiento y gestionar la innovación. Para ello se propuso el Centro de Innovación Agropecuaria, el cual busca mejorar los procesos de gestión de la innovación en la facultad para aumentar su pertinencia social.

Uno de los proyectos planteados se denominó “Gestión de la innovación” e incluyó un componente de gestión del talento humano para la innovación, con el que se buscó identificar la oferta de sistematización de los saberes propios del ejercicio docente, la diversificación de formatos y canales de publicación y la consolidación de redes de conocimiento para fortalecer la relación de la universidad

con los productores agropecuarios. Para ello se propuso como meta la publicación de un libro anual que recogiera la experiencia de los docentes de esta dependencia en el cumplimiento de sus ejes misionales de docencia, investigación y extensión.

Este, el tercer volumen, está dedicado a la innovación en la investigación agropecuaria, con la cual se espera contribuir al Subsistema Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, definido como el conjunto de relaciones entre los actores que desarrollan acciones de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología e innovación en el ámbito agropecuario.

Se invitó a todos los profesores de la facultad a publicar sus experiencias sobre abordajes innovadores de investigación agropecuaria. Este concepto fue entendido como la introducción de nuevos productos, bienes, servicios, procesos y métodos que representan mejoras significativas en el desempeño del sector agropecuario, las cuales pueden presentarse en los ámbitos productivo, de transformación o adecuación de la producción, administrativo, organizacional, financiero y crediticio, informático o de mercadeo y comercialización.

Se entiende como abordaje innovador en la investigación agropecuaria la introducción de metodologías que promuevan la apropiación social del conocimiento, la transformación de los territorios a partir del conocimiento co-creado y el fortalecimiento del tejido social, así como métodos y técnicas que dinamicen la incorporación de mejoras significativas en los procesos productivos del sector a partir de la generación de capacidades en la comunidad. Para ello, se concibe la metodología como el discurso y reflexión sobre el método y su objeto; el método, como la selección de técnicas adecuadas para la investigación, y las técnicas como las herramientas utilizadas para la recolección y análisis de los datos.



En este libro se recopilan experiencias en el uso de enfoques metodológicos cualitativos como teoría fundamentada, análisis de conversación, análisis de textos, estudios cualitativos de caso e historias de vida. También se recogen experiencias sobre revisiones sistemáticas o metanálisis como investigaciones científicas basadas en estudios originales primarios, sobre el uso de técnicas de análisis multivariado, de sistemas de ecuaciones estructurales (SEM), de metodologías educativas, de formación y capacitación y de metodologías de extensión. Se espera que todo esto inspire a los docentes a mejorar sus capacidades para la generación de nuevo conocimiento a partir de la sistematización de sus experiencias en abordajes metodológicos innovadores para la investigación.





# Capítulo 1.

## Abordaje metodológico integrador para el análisis de sistemas territoriales de innovación

*Carlos Julián Ramírez Gómez  
Ing. Agrón., MSc, PhD.  
Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GAMMA*

*Holmes Rodríguez Espinosa  
Ing. Agríc., MSc, PhD.  
Universidad de Antioquia,  
Grupo de Investigación GAMMA*

### Resumen

A pesar de la importancia que tiene la consolidación de sistemas territoriales de innovación (STI) para la implementación del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) es escasa en la literatura la utilización de estrategias basadas en el análisis prospectivo de carácter participativo para mejorar el desempeño de cadenas productivas a nivel municipal. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue



diseñar una metodología para la formulación de planes estratégicos y prospectivos de cadenas productivas agropecuarias en el ámbito municipal mediante la utilización de un enfoque de sistemas territoriales de innovación y el uso de técnicas y herramientas participativas. Inicialmente se realizó un estudio para identificar las tendencias en análisis de sistemas de innovación con base en el análisis de artículos científicos, a partir estos se diseñó una metodología de análisis de sistemas de innovación integrando los enfoques de cadenas productivas, desarrollo de capacidades y redes de confianza. Los resultados de este estudio entregan a la comunidad científica, a los actores territoriales y a los formuladores de políticas públicas una metodología basada en el análisis de las interacciones entre actores que permite generar insumos clave para la toma de decisiones por parte de los organismos públicos y privados.

**Palabras clave:** innovación agropecuaria, cadena productiva, sistemas de innovación agrícola, SNIA.

## 1. Introducción

Promover la innovación es una de las estrategias propuestas por la Organización de Comercio y Economía y Desarrollo (OECD) (2014). Con ella se busca dinamizar las economías rurales y mejorar la gestión de su propio desarrollo a partir de las capacidades locales, para lo cual resulta fundamental entender cómo ocurre la innovación y cómo se difunde y aplica en los territorios rurales. La promoción de la innovación de los productores agropecuarios debe responder a un proceso de cambio institucional, acompañado de arreglos entre actores locales y de cambio organizacional para la conformación de los Sistemas de Innovación Agrícola (SIA), definidos por el Banco Mundial como la interacción en un contexto territorial específico entre productores y otros



actores locales y externos que participan en una cadena de valor para compartir, acceder, intercambiar y usar el conocimiento agropecuario (World Bank, 2006).

Para cumplir estos fines, los SIA deben fortalecer las capacidades de sus actores (Rivera & Sulaiman, 2009), lo cual implica la combinación de vínculos e interacciones (Hall, 2007), la estructuración de mecanismos institucionales de apoyo a la articulación (World Bank, 2006) y la articulación de sus subsistemas (Schut et al., 2014) para facilitar la innovación. Esta perspectiva de análisis se encuentra en desarrollo, por lo que se identifican diferentes enfoques tanto en la visión de infraestructura o proceso, como en las escalas geográficas, niveles, tipos de análisis e intervención (Spielman, Ekboir & Davis, 2009).

El concepto de sistema de innovación, de acuerdo con Chang & Chen (2004), se aborda desde diferentes perspectivas: nacional, regional, tecnológica y sectorial; cada una con sus particularidades, componentes y dimensiones de análisis. El sistema nacional de innovación es uno de los más estudiados en la literatura. En Colombia, se cuenta con el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), definido como un Subsistema del Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCCTI). Este subsistema es coordinado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y está integrado por todos los actores que desarrollan actividades científicas, tecnológicas o de innovación para el sector agropecuario, así como por las políticas, estrategias, programas, proyectos, metodologías y mecanismos para la gestión de la investigación el desarrollo tecnológico y la innovación para este sector (Congreso de Colombia, 2017).

Otro concepto reciente es sistema regional de innovación, referido al conjunto de actores, relaciones y procesos relacionados con la producción, distribución y utilización de conocimientos en una región (Quintero-

Campos, 2010). Este enfoque brinda mayor protagonismo a las regiones e introduce marcos de análisis como: aglomeración, confianza, aprendizaje en sistemas y capacidades para desarrollar la innovación (Cooke, 2001).

Para el análisis de los SIA, algunos de los enfoques más difundidos son: el enfoque sistémico de la innovación, el cual involucra la interpretación de diversos procesos generados por la red de actores que se relacionan entre sí en un marco institucional (Quintero-Campos, 2010); el de actividades, las cuales son determinantes de la innovación e influyen en el desarrollo, difusión y la utilización de las innovaciones (Edquist, 2001), y el de funciones que se desarrollan en el marco de estos sistemas (Hekkert et al., 2007).

Ahora bien, específicamente para Colombia, uno de los principios del SNIA es la orientación al mercado e incorporación a cadenas de valor, mediante lo cual se busca responder a las necesidades de los productores agropecuarios en términos de su vinculación efectiva al mercado en las cadenas de valor. Al respecto, la Ley 811 de 2003 establece la política de cadenas productivas, en la cual se define como organización de cadena el espacio de diálogo, con participación voluntaria de los actores involucrados, para mejorar su competitividad al coordinar esfuerzos para obtener un mejor desempeño económico colectivo e individual. En este contexto se configuran los Acuerdos de Competitividad, esto es, los acuerdos que adopta una organización de cadena.

El enfoque participativo se basa en la reflexión colectiva para la toma de decisiones a partir del análisis de la información disponible. Esto, a través del uso de técnicas de análisis matricial (Sánchez, 2003), las cuales contribuyen a reducir la subjetividad en la toma de decisiones y tienen como ventajas la facilidad en la comprensión por parte de los participantes, el bajo costo y el poco tiempo requerido para su implementación.



El análisis prospectivo, por otra parte, es una técnica que permite establecer escenarios futuros para identificar las estrategias que se deben implementar para eliminar o minimizar los aspectos desfavorables (Godet, 2005). En este análisis se entiende el futuro como un conjunto de alternativas, denominadas “escenarios”, que corresponden a proyecciones de diferentes factores clave que pueden reducir las inconsistencias (Godet, 2005) y orientar la toma de decisiones, en tanto dichos escenarios son sometidos a evaluación por parte de expertos. Una de las técnicas más utilizadas en los análisis prospectivos es el método Delphi (Woudenberg, 1991), que permite obtener información de expertos sobre un tema por medio de un cuestionario estructurado; esto se realiza en por lo menos dos rondas, de manera que en la segunda haya una socialización de resultados en la que los expertos participantes compartan sus opiniones (Blind, 2008). Adicionalmente, este método permite evidenciar puntos de conflicto y consenso.

A pesar de los principios, enfoques y herramientas señaladas anteriormente, se requiere profundizar la investigación para comprender las dinámicas, demandas, tendencias, particularidades territoriales y comportamiento innovador de los SIA (Todo, Matous & Yadate, 2012). Por ello, el objetivo de este estudio fue validar un abordaje metodológico para el análisis de sistemas territoriales de innovación a partir de la articulación del enfoque de cadena productiva (Ley 811 de 2003) y de sistemas territoriales de innovación (Ley 1876 de 2017) mediante herramientas estratégicas prospectivas y participativas.

## 2. Metodología

Con base en las tendencias identificadas se diseñó una metodología de análisis de sistemas de innovación integrando los enfoques de ca-

dena productiva, desarrollo de capacidades y redes de confianza. Posteriormente, se realizó un ejercicio de validación de la metodología en un contexto real, en la subregión de Urabá del departamento de Antioquia.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Abordajes metodológicos para el análisis de Sistemas de Innovación Agrícola (SIA)

En la agricultura se han planteado diversos abordajes del sistema territorial de innovación, entre los que se encuentran la eficiencia colectiva de los actores (Oliveira & Natário, 2016), la dinámica de relaciones en el territorio considerando la integración y fragmentación de las redes de innovación (Gallego-Bono, 2015), la influencia del contexto territorial (Garrido-Rubiano et al., 2016), las redes de confianza territorial (Ramírez-Gómez, Velásquez & Aguilar-Avila, 2020) y la articulación del análisis territorial rural junto al sistema de la innovación (Cummings, 2013).

En la literatura científica se encontraron diversas corrientes teóricas de abordaje del SIA, entre las cuales están las siguientes perspectivas: (i) infraestructura, basada en interacción de actores; (ii) proceso, desde un análisis dinámico y de co-evolución del sistema; (iii) funcional, basada en las actividades más relevantes y (iv) desempeño, basada en asuntos que facilitan o restringen el funcionamiento del sistema (Klerkx, van Mierlo, & Leeuwis, 2012) (Tabla 1). Además, se ha abordado una visión que combina la perspectiva funcional y estructural del sistema de innovación agrícola (Hermans et al., 2019).

La perspectiva de infraestructura de apoyo a la innovación plantea el desarrollo de capacidades de los actores públicos y privados (Birner et al., 2009), la interacción de actores y las reglas y regulaciones que gobier-



**Tabla 1.** Principales corrientes teóricas del Sistema de Innovación en la Agricultura (SIA)

Corriente teórica	Elementos conceptuales
Perspectiva de infraestructura	Sistema de apoyo o soporte Redes sociales Análisis estático del sistema Análisis estructural de las redes Lazos débiles en las redes Co-determinación de la innovación
Perspectiva de proceso	Auto-organización de redes de actores Visión del sistema en el hacer Sistema adaptativo complejo Dinámicas no lineales
Perspectiva funcionalista	Mapeo de funciones y sus interacciones Conjunto de funciones y desarrollo Enfoque co-evolucionario
Perspectiva de desempeño	Colaboración en redes Desempeño de funciones Funcionamiento del sistema Asunto institucional

Fuente: elaboración propia con base en Klerkx et al. (2012)

nan su comportamiento. A partir de la infraestructura de conocimiento, algunos actores cumplen el rol de organizaciones intermediarias, con lo cual contribuyen a forjar vínculos, articular la demanda de conocimiento, proveer servicios de apoyo y, en consecuencia, mejorar la gestión en los sistemas de innovación (Klerkx & Leeuwis, 2008). Esta visión se asocia comúnmente con el abordaje en red (Klerkx, et al., 2012) y el estudio de las redes sociales en el enfoque de sistema de innovación agrícola a partir de los flujos de conocimiento, acceso a recursos, arquitecturas de redes, entre otros (Spielman et al., 2011).

Por su parte, la perspectiva de proceso tiene sus cimientos teóricos en la concepción de co-evolución de la innovación, en la cual se considera que el proceso de innovación y sus interacciones están constantemente fluyendo (Ahrweiler & Keane, 2013). Esto quiere decir que existen dinámicas influenciadas por patrones espaciales, escalas temporales, niveles organizacionales y jerárquicos y esquemas de interacción, por lo cual los SIA pueden ser abordados como un sistema adaptativo complejo (Hall & Clark, 2010). Es así como la reflexión constante sobre el hacer de los SIA permite mejorar los procesos de comunicación y auto-organización (Leeuwis & Aarts, 2011).

La perspectiva funcionalista del SIA es una de las más utilizadas. Tiene como foco el cambio tecnológico y se centra en sus actividades (denominadas funciones) más relevantes, que se relacionan con el objetivo del sistema de innovación (Hekkert et al., 2007). Se consideran siete funciones relacionadas con la perspectiva sistémica (Hekkert et al., 2007; Lamprinopoulou et al., 2014; Turner et al., 2016), a saber: (i) actividades de emprendimiento, (ii) desarrollo de conocimiento, (iii) difusión de conocimiento en redes, (iv) orientación en la búsqueda de procesos de investigación, (v) información de mercados, (vi) movilización de recursos y (vii) superación de la resistencia al cambio (Hekkert et al., 2007). Este enfoque viene cobrando relevancia por su aplicabilidad en la comprensión de problemas complejos de la agricultura (Hermans et al., 2019).

La perspectiva de desempeño del SIA, una de las menos abordadas, articula las anteriores perspectivas para analizar el desempeño del SIA, el rol de los actores, sus redes de colaboración y la concertación de acciones, factores clave que afectan su desempeño (Klerkx, van Mierlo & Leeuwis, 2012). Se plantea que el funcionamiento del SIA se caracteriza por el fortalecimiento de capacidades colectivas para innovar, la difusión de



conocimientos en red y la gestión descentralizada de los procesos de innovación (Spielman et al., 2008). También se señala que el funcionamiento está restringido por las diferencias locales de conocimiento y las diferencias sociales, culturales e ideológicas de ciertos actores (van Mierlo et al., 2010).

Con respecto a la estructura del SIA, se consideran varias dimensiones (Tabla 2) –las cuales pueden ser físicas o geográficas– para establecer los límites del sistema; también pueden estar asociadas con un sector, a una tecnología o con la temporalidad (Carlsson et al., 2002).

**Tabla 2.** Elementos de un sistema de innovación

Elemento	Descripción
Componentes	Parte operativa del sistema: actores u organizaciones tales como individuos, empresas, bancos, universidades, institutos de investigación, agencias públicas y privadas, entre otros. También pueden ser leyes regulatorias, tradiciones y normas sociales.
Relaciones	Vínculos entre los componentes, las propiedades y comportamientos de cada uno de ellos y su influencia en las propiedades y desempeño de todo el sistema.
Atributos	Propiedades de los componentes y las relaciones entre ellos. Los atributos caracterizan al sistema y dependen de las dimensiones analizadas y de la función o propósito de análisis del sistema.

Fuente: elaboración propia a partir de una adaptación de Carlsson et al. (2002)

## 3.2 Enfoque de funciones del SIA

La evaluación de la funcionalidad del SIA contribuye a determinar el desempeño del sistema por cuanto permite comprender el aprendizaje, la creación de conocimiento y la adaptación (Hekkert et al., 2007) a partir de siete funciones clave (Hekkert & Negro, 2009) (Tabla 3).



Tabla 3. Funciones del SIA

Función	Descripción
<b>Actividades de emprendimiento</b>	El desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones a escala empresarial para reducir la incertidumbre (Audouin, Gazull & Gautier, 2018) al generar nuevas oportunidades de negocio que produzcan valor (Hekkert & Negro, 2009) por medio de la conformación de redes y la búsqueda de nuevos mercados.
<b>Desarrollo de conocimiento</b>	Llevado a cabo desde institutos de investigación, agricultores, empresas y otros actores del SIA (Hermans, Klerkx & Roep., 2015).
<b>Difusión de conocimiento y formación de redes</b>	Plataformas y redes que facilitan la distribución de roles de los actores para impulsar el intercambio de información, la innovación y su difusión (Hermans et al., 2017).
<b>Orientación de la búsqueda</b>	Visión del SIA que permite orientar las actividades empresariales y el desarrollo de conocimiento a través de agendas de innovación para determinar prioridades y diseñar escenarios futuros (Koerkamp & Bos, 2008).
<b>Formación de mercados</b>	Creación de nichos de mercado por medio de estrategias que promuevan la demanda de nuevos productos y generen conciencia en el consumidor (Klerkx et al., 2010).
<b>Movilización de recursos</b>	Gestión de diferentes tipos de inversión para el desarrollo de innovaciones, la financiación de investigación básica, el desarrollo de tecnologías e inversiones no financieras (Fischer et al., 2012).
<b>Apoyo de las coaliciones de defensa</b>	Para catalizar la resistencia de los actores a la aparición de nuevas tecnologías y de esta manera tener capacidad para influir en la agenda de innovación a través de alianzas con instituciones favorables (Hermans, Roep & Klerkx, 2016).

Fuente: elaboración propia con base en Hekkert et al. (2007), Turner et al. (2016) y Hermans et al. (2019)



### 3.3 Enfoque territorial del SIA

La promoción de la innovación como estrategia para gestionar el desarrollo agropecuario debe considerar una visión sistémica y el rol de los actores que conforman redes e influyen las decisiones de los productores agropecuarios sobre la adopción de tecnologías e innovaciones (Hartwich & Scheidegger, 2010). Además, debe contemplar el reconocimiento del espacio geográfico en el que se configuran las interacciones entre los actores (Pamuk et al., 2014). En este sentido, los SIA cuentan con límites que se pueden establecer en el ámbito geográfico, sectorial o funcional (Edquist, 2001). En términos geográficos se consideran aspectos como la cultura local y las particularidades del territorio, las cuales permiten el intercambio de conocimientos a través de redes formales e informales (Cooke & Gómez-Uranga, 1998).

Bajo esta óptica es fundamental considerar el enfoque territorial del desarrollo rural, el cual tiene en cuenta las diferencias socioculturales y las estructuras organizacionales de una región determinada. Sin embargo, la noción de región no ha sido esclarecida como objeto de estudio (Doloreux & Parto, 2005) y se usa en abordajes que incluyen las regiones metropolitanas (Diez, 2000) y los distritos (Asheim & Isaksen, 2002).

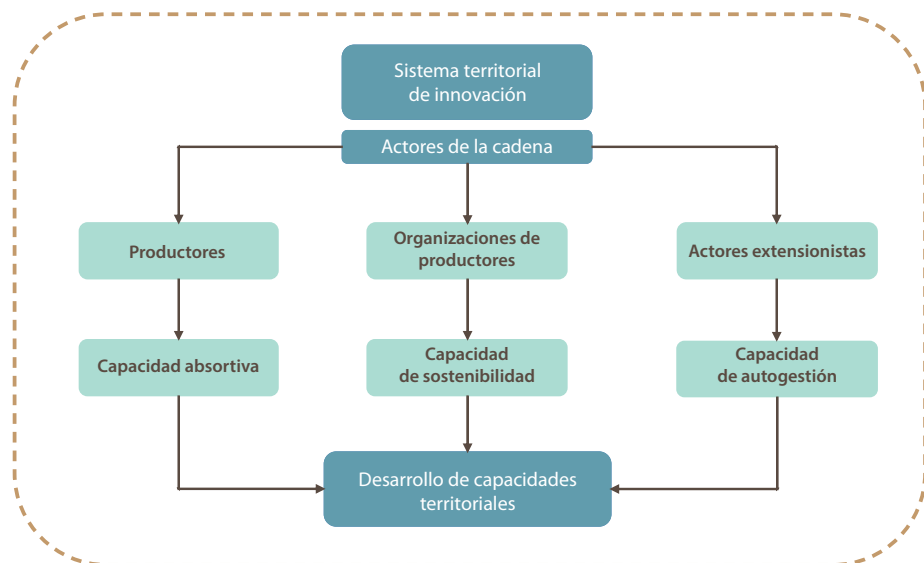
En la relación innovación-territorio se ha planteado el concepto de Sistema Territorial de Innovación (STI), el cual está inspirado en los modelos territoriales de innovación entre los que se encuentran: distrito industrial, sistemas productivos locales, regiones de aprendizaje y sistemas regionales de innovación (Moulaert & Sekia, 2003). En ellos las dinámicas locales y las formas de organización condicionan el desempeño de las estrategias de innovación, en un marco de capacidades, redes y acceso al conocimiento (Jeannerat & Crevoisier, 2016).

En consecuencia, la relación territorio-innovación considera que cada territorio dispone de recursos específicos que pueden ser físicos, ambientales, culturales, humanos, económicos, financieros, institucionales o administrativos; estos, a su vez, pueden ser movilizados de diferentes maneras por los actores locales y el contexto institucional (Canto Fresno, 2000). De esta forma, cada territorio debe ser abordado de manera particular y analizado bajo su especificidad socioeconómica, política y cultural (Ortiz-Guerrero, 2013), considerando las articulaciones multi-sectoriales y de actores (Schejtman & Berdegué, 2004).

### 3.4 Enfoque de STI para el desarrollo de capacidades locales

Si bien es cierto que el enfoque territorial del desarrollo rural ha permitido focalizar esfuerzos y recursos para atender las demandas de bienes públicos y servicios de apoyo requeridos en cada territorio, los programas implementados suelen ser temporales e inconexos, por lo que se limitan sus posibilidades de éxito. Por tal razón, nuevos enfoques se han centrado en el desarrollo de capacidades locales buscando mejorar la eficacia de las intervenciones, como es el caso del propuesto por el SNIA (Figura 1).

El enfoque de desarrollo de capacidades puede entenderse en términos del ámbito individual, de organización, de proyectos y de redes (Turner et al., 2015), así como en función de las capacidades de los actores para aprender, innovar y utilizar recursos disponibles (Lamprinopoulou et al., 2014) o desde las capacidades del capital humano para desarrollar procesos de capacitación en un entorno agrícola (Spielman et al., 2008). A este enfoque se le ha prestado poca atención y ha sido poco abordado en la literatura, a pesar de lo planteado en esta sobre la incidencia que



**Figura 1.** Esquema analítico para el desarrollo de capacidades locales en un sistema territorial de innovación agrícola

Fuente: elaboración propia

tienen las habilidades de los extensionistas en la adopción de tecnologías por parte de los productores agropecuarios (Ragasa et al., 2016).

En este contexto se plantea un modelo articulado de desarrollo de capacidades de los actores que interactúan en una cadena agroalimentaria, en el que los productores y sus organizaciones constituyen el corazón del sistema (Dolinska & d’Aquino, 2016) junto con actores públicos y privados que actúan en roles concretos. Este enfoque considera el desarrollo de capacidades requeridas para la adopción de tecnología, la cual implica la inversión de recursos limitados (tiempo y capacidad para integrar nueva información) por parte del productor (Llewellyn, 2007). Estos recursos se relacionan con la facilidad de uso y la utilidad percibi-

da por el productor sobre una tecnología, así como con su capacidad de colaboración e interacción (Naspetti et al., 2017).

Para los productores, este enfoque considera la noción de capacidad absorbente, en la cual se plantea que, además de la conciencia y la voluntad de adoptar una tecnología, debe considerarse la utilidad subjetiva y la capacidad del productor para asimilar los nuevos conocimientos y explotarlos en sus fincas (Micheels & Nolan, 2016). Por ello, es necesario tener en cuenta la relación entre la actitud y la intención de adoptar tecnología por parte del productor (Naspetti et al., 2017). Para las organizaciones de productores, el enfoque considera la noción de desarrollo de capacidades de sostenibilidad, soportada en cuatro pilares: capital social, planeación organizacional, económico y productivo-tecnológico. Estos pilares se relacionan, a su vez, con dos aspectos del entorno: integración territorial y orientación al mercado (Rodríguez-Espinosa, Ramírez-Gómez & Restrepo-Betancour, 2018).

Finalmente, para los actores extensionistas se contempla la noción de desarrollo de capacidades de autogestión, la cual se soporta en cinco aspectos: participación de los beneficiarios, gestión del conocimiento, desarrollo del capital social, análisis del territorio y redes de innovación (Rodríguez-Espinosa, Ramírez-Gómez & Restrepo-Betancour, 2016). Adicionalmente, contempla las capacidades del extensionista para generar vínculos y asociaciones, gestión y organización, gestión adecuada de los métodos de extensión (Birner et al., 2009) e identificación del contexto de aprendizaje de los productores (Rodríguez et al., 2017).

### 3.5 Enfoque de STI desde las redes de confianza

En el análisis de la innovación, el enfoque territorial considera la existencia de recursos localizados que pueden incidir en un espacio geográfico, como los vínculos entre actores, en especial la confianza, normas y redes



de relacionamiento (Putnam, 1993). Las redes de confianza constituyen uno de los abordajes del estudio de capital social, aunque la relación entre este y el sistema de innovación en la agricultura ha sido poco abordada a pesar del rol que tienen los recursos territoriales y localizados.

El capital social es definido como una matriz o red de relacionamientos sociales (Wilson, 2000) que puede ser movilizado para facilitar la gobernanza, el desarrollo económico, la acción colectiva y la innovación (Adler & Kwon, 2002). Puede presentar efectos positivos, como la reducción de los costos de transacción en la agricultura al facilitar el intercambio de información (van Rijn, Bulte & Adekunle, 2012), y puede estar localizado geográficamente, afectando las tendencias a innovar a nivel territorial (Laursen, Masciarelli & Prencipe, 2012).

En relación con los territorios, el capital social se encuentra ligado a las estrategias individuales de los actores. Estas se soportan en normas colectivas y en una confianza social (Foronda-Robles & Galindo-Pérez-de-Azpillaga, 2012), que puede ser clasificada en: confianza estratégica, confianza técnica y confianza normativa (Luna & Velasco, 2005). La delimitación del municipio como nivel de análisis es importante debido al desempeño heterogéneo que los SIA pueden tener en cada territorio, no solo en las tasas de adopción de tecnología de agricultores sino en los procesos de difusión de tecnologías (Pamuk et al., 2014).

En este enfoque analítico, las redes de confianza técnica, estratégica y normativa son vistas como expectativas positivas sobre los demás actores, por sus acciones y la incidencia de sus interacciones (Luna & Velasco, 2005). La confianza técnica se relaciona con el prestigio que tiene un actor por sus capacidades; la confianza estratégica con la conveniencia propia y la confianza normativa con los valores y normas compartidos por los actores (Luhmann, 1988).

### 3.6 Enfoque de sistema sectorial de innovación

Otro abordaje para el análisis de procesos de innovación es el enfoque de cadena productiva, en el cual se define el sistema sectorial de innovación como el conjunto de agentes que realizan interacciones para la creación, producción y ventas de productos, así como por el conocimiento, el aprendizaje, la tecnología y las instituciones (Malerba, 2002). Algunos autores plantean que este enfoque es más accequible pues entre estos agentes existen diferencias y similitudes en las capacidades y en la innovación (Quintero-Campos, 2010) y tienen relación con la visión de sistema tecnológico en la cual se define la tecnología o el producto como el nivel de análisis en el que se identifica cómo los actores influyen su desarrollo, difusión y uso (Johnson, 2001).

De esta manera se establece un vínculo entre el sistema sectorial y el sistema tecnológico de innovación a través del conocimiento entre empresas y organizaciones, el cual resulta de la interdependencia tecnológica y las dinámicas de desarrollo tecnológico (Chang & Chen, 2004). Así, ambos sistemas pueden interrelacionarse para el análisis con la perspectiva geográfica regional.

### 3.7 Enfoque de análisis prospectivo del STI

En la literatura, el análisis prospectivo en el sector agropecuario se ha enfocado principalmente en los ámbitos nacionales. Así, es posible hallar estudios como el análisis del sector agroalimentario en Francia a través de enfoques grupales (Lafourcade & Chapuy, 2000) y el análisis prospectivo estratégico realizado por Chapuy & Gros (2010). Este enfoque también se ha empleado para la proyección de escenarios de la agricultura en Finlandia por medio del método Delphi (Rikkonen, Kaivo-Oja & Aakkula, 2006); en la construcción de escenarios para la industria



de etanol en Brasil con base en el análisis de actores (Raele et al., 2014); la perspectiva de largo plazo para la agroindustria azucarera, también en Brasil, (da Silva et al., 2014) y la construcción de escenarios futuros en la cadena agroindustrial de soya en Argentina (Leavy & Dewes, 2011). En la literatura, el análisis prospectivo ha sido reportado para el sector agropecuario principalmente en el ámbito nacional. En Francia se ha utilizado en estudios como el análisis del sector agroalimentario utilizando enfoques grupales (Lafourcade & Chapuy, 2000), análisis prospectivo estratégico (Chapuy & Gros, 2010) y para el planteamiento de escenarios futuros (Balázs, Pataki & Lazánvi, 2016). En Finlandia también se ha utilizado para la proyección de escenarios de la agricultura finlandesa utilizando el método Delphi (Rikkonen, Kaivo-Oja & Aakkula, 2006); y en Argentina para la construcción de escenarios futuros en la cadena agroindustrial de soja (Leavy & Dewes, 2011).

Del mismo modo, se han reportado otros niveles geográficos de abordaje, como el análisis de cadenas agroalimentarias en el ámbito distrital en Indonesia (Astuti, 2016); en el ámbito regional en México para el planteamiento de escenarios y estrategias en la cadena productiva de tilapia (Vivanco-Aranda, Mojica & Martínez-Cordero, 2011) y también en el ámbito regional para el sector agropecuario en España (Gómez-Limón, Gómez-Ramos & Sánchez Fernández, 2009).

### 3.8 Enfoque de gestión del cambio tecnológico en el STI

Una estrategia importante para lograr un mayor desarrollo agropecuario es la promoción de la adopción de innovaciones a escala local (Pamuk et al., 2014). Se ha demostrado que los niveles de productividad y competitividad bajos y la ineficiencia productiva agropecuaria están



relacionados con la falta de conocimiento por parte de los productores de tecnologías nuevas o existentes, con la interacción deficiente entre actores (Aguilar-Gallegos et al., 2015) y con la articulación efectiva entre los actores territoriales (Kebebe et al., 2015).

### 3.9 Diseño del abordaje metodológico de análisis estructural prospectivo de Sistemas Sectoriales de Innovación Territorial (SSIT)

Con base en la revisión de literatura realizada y el análisis aquí presentado, se propone un abordaje metodológico para el análisis estructural prospectivo de SSIT. Este integra los abordajes de funciones, desarrollo de capacidades y redes de confianza en un marco de análisis geográfico de carácter local, en el cual se plantea que la gestión del cambio tecnológico involucra la interrelación de tres subsistemas que deben ser considerados y analizados en el ámbito local: subsistema sectorial, subsistema tecnológico y subsistema institucional (Schut et al., 2014).

El subsistema sectorial se define alrededor de un *commodity* y comprende que la gestión del cambio tecnológico implica la interacción de actores para la generación, difusión e implementación de conocimientos útiles para la cadena de valor específica; así, requiere que se mapeen los actores locales y externos que cumplen roles en la cadena de valor (Ortiz et al., 2013). El subsistema tecnológico, por su parte, implica el análisis y mapeo de la oferta tecnológica local, la cual debe ser consensuada. Para ello se deben identificar los actores que generan conocimientos y tecnologías, así como la oferta tecnológica propia del territorio, con el fin de generar un proceso incluyente con los generadores de conocimiento y los grupos de productores del territorio.



Para el subsistema institucional es preciso analizar la arquitectura de arreglos entre actores, la cual depende de todos los actores implicados en la producción, transferencia y uso del conocimiento e incide en el aprendizaje de los productores (Hall et al., 2003). Para ello, es importante establecer la interdependencia y coordinación de actores para el desarrollo de acciones que faciliten la transferencia de tecnología, lo que se conoce como plataforma de innovación (Hounkonnou et al., 2012; Pamuk, Bulte & Adekunle, 2014). Desde esta perspectiva, el cambio institucional considera aspectos como el co-diseño de acciones y de estructuras de información, así como la co-construcción de proyectos entre los actores (Ozier-lafontaine, Chave & Noël, 2012).

En síntesis, para realizar el análisis estructural prospectivo de SSIT con enfoque de gestión del cambio tecnológico se deben determinar preguntas como: a) ¿cómo convergen las tecnologías tradicionales locales de los productores y la oferta tecnológica externa?; b) ¿quiénes son los actores creadores de conocimiento local y externo?; c) ¿cómo se configuran los relacionamientos entre actores locales y externos?; d) ¿cómo se configuran las redes de innovación locales y externas?; e) ¿cuáles son los actores que influyen el proceso de cambio tecnológico? y f) ¿qué arreglos institucionales locales influyen el proceso de cambio tecnológico en la cadena de valor?

### **3.10 Guía para la implementación del abordaje metodológico de análisis estructural prospectivo de SSIT**

El abordaje metodológico de SSIT se compone de las siguientes etapas: 1) selección de expertos, 2) identificación de variables, 3) priorización de variables, 4) análisis estructural, 5) análisis de actores y 6) análisis de escenarios.

### 3.10.1 Selección de expertos

Los expertos, definidos como individuos capaces de aportar información detallada y plantear escenarios en el tema de investigación (Spers, Wright & Amedomar, 2013), se deben seleccionar tratando de combinar actores que aporten conocimiento técnico y científico a nivel local (Reed, Dougill & Taylor, 2007). Para ello, se deben identificar actores locales y externos con conocimiento del territorio y de la cadena que cumplan con criterios como los planteados por Ortiz-Guerrero et al. (2016). Para seleccionar actores locales estos autores sugieren que estos: 1) tengan disposición para participar de manera voluntaria, 2) que vivan en el área de influencia y 3) que cuenten con legitimidad por el desarrollo de actividades como investigadores, autoridades locales o líderes de organizaciones de agricultores. Para el caso de los actores externos, los autores sugieren instituciones del sector público del nivel regional, organizaciones no gubernamentales y organizaciones privadas relacionadas con la cadena.

### 3.10.2 Identificación de variables

La identificación de las variables más importantes se realiza con base en la revisión de literatura de la perspectiva de funciones del STI y la revisión de documentos de planificación de la cadena seleccionada para el territorio específico de estudio.

### 3.10.3 Priorización de variables

Con los expertos seleccionados se realiza un proceso de discusión, análisis y validación de las variables más importantes para la cadena y territorio de estudio. Para ello se utiliza el método Delphi modificado (Zartha Sossa, Halal & Hernández Zartha, 2019), que tiene como características principales: a) tener un reducido grupo de participantes, b) mantener el



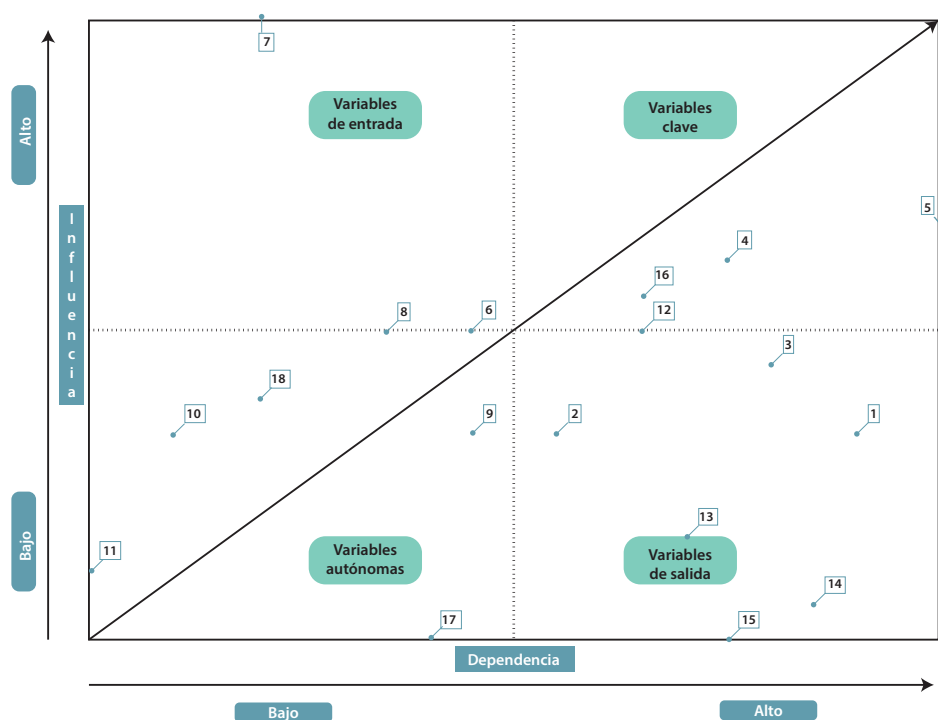
anonimato de los expertos que completan el formulario en línea, c) la posibilidad del experto de acceder a las respuestas de los demás expertos para reevaluar, editar y reenviar nuevas respuestas y d) la posibilidad del experto de editar sus propios resultados antes del cierre de la primera ronda, pues recibe un informe con el consolidado de esta (Gnatzy et al., 2011).

Para construir el consolidado se utiliza el método Web Delphi (Spers, Wright & Amedomar, 2013), que consiste en recolectar los datos a través de encuestas en línea que priorizan las variables utilizando una escala Likert de 0 a 5 (0: ninguna prioridad; 1: muy baja prioridad; 2: baja prioridad; 3: media prioridad; 4: alta prioridad; 5: muy alta prioridad). El cuestionario se envía a los expertos a través del correo electrónico, medio considerado más personal y directo, con lo cual se pueden reducir las tasas de abandono (Belton et al., 2019). Para la priorización se consideran las variables cuya media estadística, uno de los indicadores más empleados en el método Delphi (Zartha Sossa, Halal & Hernández Zartha, 2019), se encuentra en el rango comprendido entre la prioridad alta y muy alta.

#### 3.10.4 Análisis de relaciones entre variables

Se realiza utilizando el programa MICMAC. En este se utiliza una matriz  $n \times n$  para evaluar las influencias entre las variables priorizadas a través de un taller participativo con actores locales. Se debe establecer la definición precisa de cada factor crítico y determinar todas las incidencias potenciales entre las variables priorizadas. Para el análisis estructural se identifica si existe una relación de influencia directa entre la variable  $i$  y la variable  $j$ ; en caso de no existir se asigna 0, si existe, se asigna 1 si la relación es débil, 2 si la relación es promedio y 3 si la relación es fuerte. Las variables importantes se determinan en función de la suma de las

entradas de fila y columna para cada variable en la matriz de impacto cruzado (Godet, 2005). Con estos resultados se obtiene el gráfico de relación de influencia-dependencia (Figura 2), en el cual se identifican las variables con alta influencia y dependencia, las cuales, a su vez, son las variables clave (Godet, 2005).



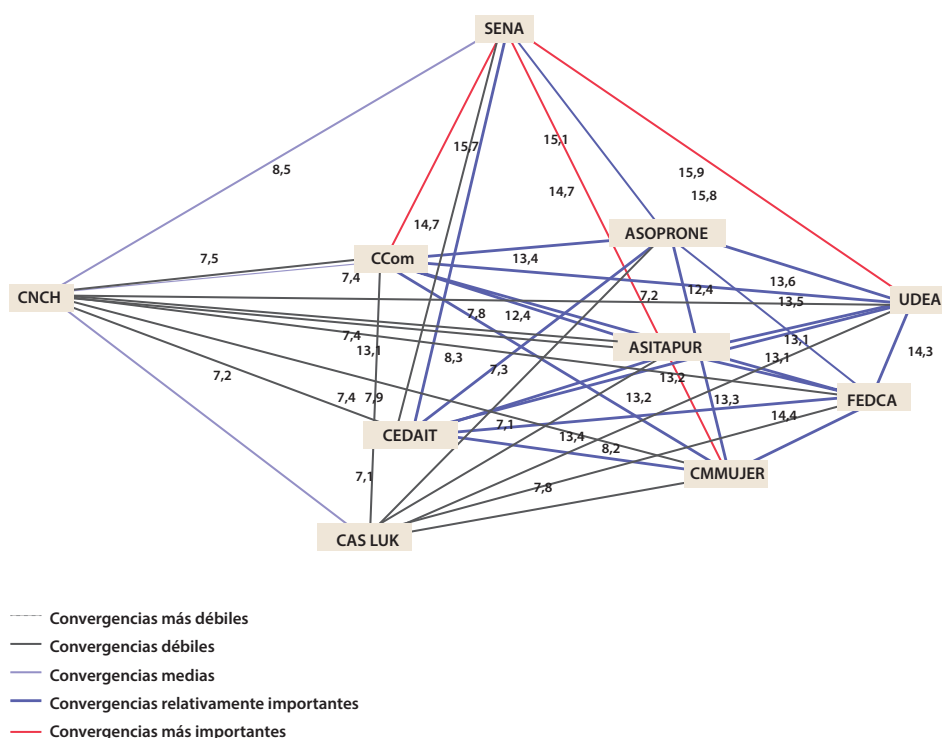
**Figura 2.** Variables clave del sistema territorial de innovación  
Fuente: elaboración propia

### 3.10.5 Análisis de actores

Para este se realiza una segunda consulta a los expertos utilizando de nuevo el Método Delphi, con un nuevo formulario en línea. Se construye una tabla de retos estratégicos y objetivos asociados, en la cual las variables clave determinadas en la matriz de impacto cruzado corres-



ponden a los objetivos y las funciones asociadas a los retos respectivos. Una vez determinadas las variables clave se analiza el juego de actores del STI utilizando el método MACTOR, el cual evalúa las relaciones importantes entre variables y actores. Con estos resultados se construye la matriz de influencias directas (MID), en la cual se detallan los actores y la posición que ocupan en el sistema (Figura 3). Adicionalmente, se elabora la matriz de actor-objetivo (MAO), en la cual se establecen la postura del actor frente a los objetivos (Figura 4) y el potencial de desarrollar alianzas para el logro de estos (Godet et al., 2004).

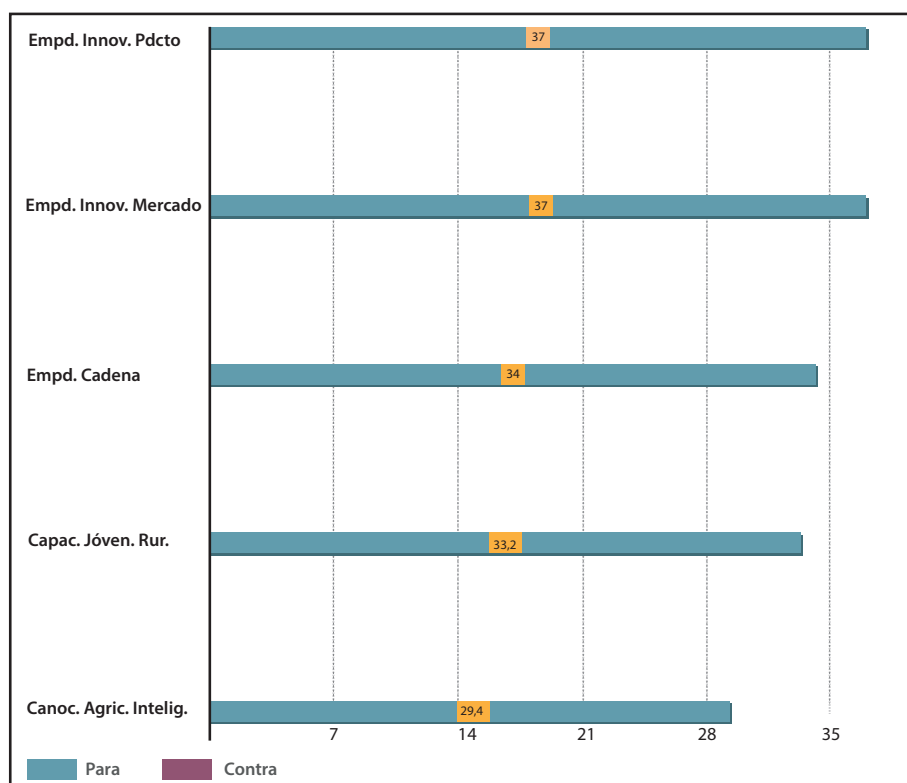


**Figura 3.** Plano de convergencias entre actores y objetivos estratégicos  
Fuente: elaboración propia





en estos resultados se realiza una descripción cualitativa de los escenarios más probables y de las acciones y estrategias requeridas a corto, mediano y largo plazo para mejorar el desempeño de la cadena (Figura 5).



**Figura 5.** Apreciaciones de los actores sobre variables estratégicas  
Fuente: elaboración propia

## 4. Conclusiones

La revisión de literatura realizada permitió plantear un enfoque integrador de análisis de STI compuesto por: enfoque funcional para la gestión del cambio tecnológico, enfoque para el desarrollo de capacidades lo-



cales y enfoque basado en redes de confianza locales. Esto, bajo una perspectiva de análisis territorial local que permita generar información para la toma de decisiones en el ámbito geográfico municipal.

Este abordaje metodológico presenta un enfoque aún no ampliado en la literatura y relacionado con la articulación entre el análisis prospectivo estratégico, el sistema de innovación en la agricultura, el territorio y las estrategias participativas. Se destaca la importancia del método Delphi para la reflexión colectiva orientada a la identificación de factores críticos y análisis de escenarios estratégicos que permitan promover la innovación en las cadenas de valor agroindustrial. Aunque otros investigadores han abordado el enfoque de integración del SIA y la cadena de valor, en este abordaje la incorporación del método MACTOR permite identificar actores clave y determinar la relación entre actores y sus convergencias alrededor de los objetivos estratégicos de cada territorio.

El enfoque de análisis prospectivo permite también el planteamiento de escenarios estratégicos a futuro y la definición participativa de estrategias de corto, mediano y largo plazo para alcanzar los retos requeridos para promover la innovación desde cada territorio. Esto es posible mediante el trabajo colegiado de los actores para apalancar la innovación en la cadena de valor.

## 5. Referencias bibliográficas

- Adler, P. S., & Kwon, S. (2002). Social capital: Prospects for a new concept. *The Academy of Management Review*, 27(1), 17–40. <https://doi.org/10.5465/AMR.2002.5922314>
- Aguilar-Gallegos, N., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, H., Aguilar-Ávila, J., & Klerkx, L. (2015). Information networks that generate economic value : A study on clusters of adopters of new or improved technologies and practices among oil palm growers in Mexico. *Agricultural Systems*, 135, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.01.003>



- Ahrweiler, P., & Keane, M. (2013). Innovation networks. *Mind & Society*, 12(1), 73–90.
- Asheim, B., & Isaksen, A. (2002). Regional innovation systems: the integration of local 'sticky' and global 'ubiquitous' knowledge. *The Journal of Technology Transfer*, 27(1), 77–86.
- Astuti, R. (2016). The Requirements of Initiating a Mangosteen Supply Chain Management in Banyuwangi District, Indonesia. *KnE Life Sciences*, 3(3), 151–155. <https://doi.org/10.18502/cls.v3i3.395>
- 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>
- Balázs, B., Pataki, G., & Lazányi, O. (2016). Prospects for the future: Community supported agriculture in Hungary. *Futures*, 83(2015), 100–111. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.03.005>
- Belton, I., MacDonald, A., Wright, G., & Hamlin, I. (2019). Improving the practical application of the Delphi method in group-based judgment: A six-step prescription for a well-founded and defensible process. *Technological Forecasting and Social Change*, 147, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.07.002>
- Birner, R., Davis, K., Pender, J., Nkonya, E., Anandajayasekaram, P., Ekboir, J., Mbabu, A., Spielman, D. J., Horna, D., Benin, S., & Cohen, M. (2009). From best practice to best fit: a framework for designing and analyzing pluralistic agricultural advisory services worldwide. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 15(4), 341–355.
- Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: An overview of techniques. *Foresight*, 9(1), 5–25. <https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
- Blind, K. (2008). Regulatory foresight: methodologies and selected applications. *Technological Forecasting and Social Change*, 75, 496–516.
- Canto Fresno, C. (2000). Nuevos conceptos y nuevos indicadores de competitividad territorial para las áreas rurales. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 20, 69–84.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233–245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)

- Chang, Y., & Chen, M. (2004). Comparing approaches to systems of innovation: The knowledge perspective. *Technology in Society*, 26(1), 17–37.
- Chapuy, P., & Gros, V. (2010). Collectively foreseeing future issues: Prospective strategy contributes to the Agriculture and Food Systems “Futures Studies” Club. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(9), 1540–1545. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.025>
- Congreso de Colombia (2003). Ley 811 de 2003. Por medio de la cual se crea la política de cadenas productivas <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13792?show=full>
- Congreso de Colombia (2017). Ley 1876 de 2017. Por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria.
- Cooke, P., & Gómez-Uranga, M. (1998). Dimensiones de un sistema de innovación regional: organizaciones e instituciones. *Ekonomiaz: Revista Vasca de Economía*, 41, 46–67.
- Cooke, Philip. (2001). Regional Innovation Systems, Clusters, and the Knowledge Economy. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 945–974. <https://doi.org/10.1093/icc/10.4.945>
- Cummings, A. R. (2013). Emergencia de sistemas territoriales de innovación en El Salvador: Discusión exploratoria de evidencias iniciales. In *Conferència internacional LALICS “Sistemas nacionales de innovación y políticas de CTI para un desarrollo inclusivo y sustentable.”* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- da Silva, C. R., Franco, H. C. J., Junqueira, T. L., van Oers, L., van der Voet, E., & Seabra, J. E. (2014). Long-term prospects for the environmental profile of advanced sugarcane ethanol. *Environmental Science & Technology*, 48(20), 12394–12402.
- Diez, J. R. (2000). Innovative networks in manufacturing: Some empirical evidence from the metropolitan area of Barcelona. *Technovation*, 20(3), 139–150. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(99\)00112-1](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(99)00112-1)
- Dolinska, A., & d’Aquino, P. (2016). Farmers as agents in innovation systems. Empowering farmers for innovation through communities of practice. *Agricultural Systems*, 142, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.11.009>
- Doloreux, D., & Parto, S. (2005). Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues. *Technology in Society*, 27(2), 133–153. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.01.002>
- Edquist, C. (2001). The systems of innovation approach and innovation policy: An account of the state of the art. En *Lead paper presented at the DRUID Conference*.



- Fischer, A. R., Beers, P. J., van Latesteijn, H., Andeweg, K., Jacobsen, E., Mommaas, H., ... & Veldkamp, A. T. (2012). Transforum system innovation towards sustainable food. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2), 595–608.
- Foronda-Robles, C., & Galindo-Pérez-de-Azpillaga, L. (2012). Argumentación relativa a la confianza territorial. Claves sobre capital social. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 9, 41–63.
- Gallego-Bono, J. R. (2015). Fragmentación de las redes de innovación y dinámica de los sistemas territoriales de producción y de innovación en sectores tradicionales. *Innovar*, 26(62), 23–40. <https://doi.org/10.15446/innovar.v26n62.59386>
- 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.
- Glaser, B. G. (1965). The constant comparative method of qualitative analysis. *Social Problems*, 12(4), 436–445.
- Gnatzy, T., Warth, J., von der Gracht, H., & Darkow, I. L. (2011). Validating an innovative real-time Delphi approach - A methodological comparison between real-time and conventional Delphi studies. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(9), 1681–1694. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.04.006>
- Godet, M., & Roubelat, F. (1996). Creating the Future: The Use and Misuse of Scenarios. *Long Range Planning*, 29(2), 164–171. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(96\)00004-0](https://doi.org/10.1016/0024-6301(96)00004-0)
- Godet, M., Monti, R., Meunier, F., & Roubelat, F. (2004). *Scenarios and strategies: a toolbox for scenario planning*, Laboratory for Investigation in Prospective and Strategy.
- Godet, M. (2005). *Creating Futures: Scenario Planning as a Strategic Management Tool*. Economica.
- Gómez-Limón, J. A., Gómez-Ramos, A., & Sánchez Fernández, G. (2009). Foresight analysis of agricultural sector at regional level. *Futures*, 41(5), 313–324. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2008.11.007>
- Hall, A. (2007). Challenges to strengthening agricultural innovation systems: where do we go from here? In *UNUMERIT Working Paper* (Issue 38).
- Hall, A., Rasheed, S. V., Clark, N., & Yoganand, B. (2003). From measuring impact to learning institutional lessons: an innovation systems perspective on improving the management of international agricultural research. *Agricultural Systems*, 78(2), 213–241. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00127-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00127-6)

- Hall, A., & Clark, N. (2010). What do complex adaptive systems look like and what are the implications for innovation policy? *Journal of International Development*, 22(3), 308–324.
- Hartwich, F., & Scheidegger, U. (2010). Fostering Innovation Networks: the missing piece in rural development. *Rural Development News*, 1, 70–75.
- Hekkert, M., & Negro, S. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(4), 584–594.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. a a, Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432.
- Hermans, F., Roep, D., & Klerkx, L. (2016). Scale dynamics of grassroots innovations through parallel pathways of transformative change. *Ecological Economics*, 130, 285–295.
- 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>
- Hermans, F., Klerkx, L., & Roep, D. (2015). Structural conditions for collaboration and learning in innovation networks: Using an innovation system performance lens to analyse agricultural knowledge systems. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 21(1), 35–54. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2014.991113>
- Hermans, F., Sartas, M., Schagen, B. Van, Asten, P. Van, & Schut, M. (2017). Social network analysis of multi-stakeholder platforms in agricultural research for development: Opportunities and constraints for innovation and scaling. *PLoS ONE*, 12(2), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169634>
- Hounkonnou, D., Kossou, D., Kuyper, T. W., Leeuwis, C., Nederlof, E. S., Röling, N., Sakyi-Dawson, O., Traoré, M., & Van Huis, A. (2012). An innovation systems approach to institutional change: Smallholder development in West Africa. *Agricultural Systems*, 108, 74–83.
- Jeannerat, H., & Crevoisier, O. (2016). Editorial: From ‘Territorial Innovation Models’ to ‘Territorial Knowledge Dynamics’: On the Learning Value of a New Concept in Regional Studies. *Regional Studies*, 50(2), 185–188. <https://doi.org/10.1080/00343404.2015.1105653>



- Johnson, A. (2001). Functions in innovation system approaches. *In Paper for DRUID's Nelson-Winter Conference*, 1–19.
- Kebebe, E., Duncan, A. J., Klerkx, L., de Boer, I. J. M., & Oosting, S. J. (2015). Understanding socio-economic and policy constraints to dairy development in Ethiopia: A coupled functional-structural innovation systems analysis. *Agricultural Systems*, 141, 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.09.007>
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. *In Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*, 457–483.
- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2008). Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: Experiences with innovation intermediaries. *Food Policy*, 33, 260–276.
- Klerkx, Laurens, Aarts, N., & Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems*, 103(6), 390–400.
- Koerkamp, P. G., & Bos, A. P. (2008). Designing complex and sustainable agricultural production systems: an integrated and reflexive approach for the case of table egg production in the Netherlands. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 55(2), 113–138.
- Krippendorff, K. (2004). Reliability in content analysis: Some common misconceptions and recommendations. *Human Communication Research*, 30, 411–433.
- Lafourcade, B., & Chapuy, P. (2000). Scenarios and Actors' Strategies: The Case of the Agri-Foodstuff Sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 65(1), 67–80.
- 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>
- Laursen, K., Masciarelli, F., & Prencipe, A. (2012). Regions matter: how localized social capital affects innovation and external knowledge acquisition. *Organization Science*, 23(1), 177–193. <https://doi.org/10.2307/41429024>
- Leavy, S., & Dewes, H. (2011). Drivers Y Tendencias En Los Escenarios Futuros De La Cadena De La Soja Argentina. *Ciencias Agronómicas -*, 11, 23–33.

- Leeuwis, C., & Aarts, N. (2011). Rethinking communication in innovation processes: creating space for change in complex systems. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 17(1), 21–36.
- Llewellyn, R. S. (2007). Information quality and effectiveness for more rapid adoption decisions by farmers. *Field Crops Research*, 104(1–3), 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.022>
- Luhmann, N. (1988). Familiarity, Confidence, Trust: Problems and Alternatives. In *Making and Breaking Cooperative Relations* (pp. 62–92).
- Luna, M., & Velasco, J. L. (2005). Confianza y desempeño en las redes sociales. *Revista Mexicana de Sociología*, 67(1), 127–162.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247–264. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00139-1%0A](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00139-1%0A)
- Micheels, E. T., & Nolan, J. F. (2016). Examining the effects of absorptive capacity and social capital on the adoption of agricultural innovations: A Canadian Prairie case study. *Agricultural Systems*, 145, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.03.010>
- Mojica, F. J. (2005). *La construcción del futuro: concepto y modelo de prospectiva estratégica, territorial y tecnológica*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, Facultad de Administración de Empresas.
- Moulaert, F., & Sekia, F. (2003). Territorial Innovation Models: A Critical Survey. *Regional Studies*, 37(3), 289–302. <https://doi.org/10.1080/0034340032000065442>
- Naspetti, S., Mandolesi, S., Buysse, J., Latvala, T., Nicholas, P., Padel, S., Van Loo, E. J., & Zanoli, R. (2017). Determinants of the acceptance of sustainable production strategies among dairy farmers: Development and testing of a modified technology acceptance model. *Sustainability*, 9(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su9101805>
- OECD. (2014). *Innovation and Modernising the Rural Economy*. OECD Publishing. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/9789264205390-en>
- Oliveira, P. M., & Natário, M. M. (2016). Territorial innovation systems and strategies of collective efficiency: the case of Tagus Valley agro-food complex. *European Journal of Innovation Management*, 19(3), 362–382. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/09564230910978511>
- Ortiz-Guerrero, C. E. (2013). The New Regionalism. Policy Implications for Rural Regions. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(70), 47–67.
- Ortiz-Guerrero, C. E., Delgado-Serrano, M. del M., Rojas, M., London, S., Vanwildemeersch, P., & Escalante Semerena, R. (2016). Adapting prospective structural analysis to



- strengthen sustainable management and capacity building in community-based natural resource management contexts. *Ecology and Society*, 21(2), 36. <https://doi.org/10.5751/es-08505-210236>
- Ortiz, O., Orrego, R., Pradel, W., Gildemacher, P., Castillo, R., Otiniano, R., Gabriel, J., Vallejo, J., Torres, O., Woldegiorgis, G., Damene, B., Kakuhenzire, R., Kasahija, I., & Kahiu, I. (2013). Insights into potato innovation systems in Bolivia, Ethiopia, Peru and Uganda. *Agricultural Systems*, 114, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.08.007>
- Ozier-lafontaine, H., Chave, M., & Noël, Y. (2012). Towards agricultural innovation systems: designing an operational interface. *Outlook on Agriculture*, 41(2), 81–86. <https://doi.org/10.5367/oa.2012.0090>
- Pamuk, H., Bulte, E., & Adegunle, A. a. (2014). Do decentralized innovation systems promote agricultural technology adoption? Experimental evidence from Africa. *Food Policy*, 44, 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.09.015>
- Putnam, R. D. (1993). *Making Democracy work. Civic traditions in Modern Italy*. Princeton: Princeton University Press.
- Quintero-Campos, L. J. (2010). Aportes teóricos para el estudio de un sistema de innovación. *Innovar*, 20(38), 57–76.
- Raele, R., Boaventura, J. M. G., Fischmann, A. A., & Sarturi, G. (2014). Scenarios for the second generation ethanol in Brazil. *Technological Forecasting and Social Change*, 87, 205–223. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.12.010>
- Ragasa, C., Ulimwengu, J., Randriamamonjy, J., & Badibanga, T. (2016). Factors affecting performance of agricultural extension: Evidence from Democratic Republic of Congo. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 22(2), 113–143. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2015.1026363>
- 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*, 2(52), 253–266.
- Reed, M. S., Dougill, A. J., & Taylor, M. J. (2007). Integrating local and scientific knowledge for adaptation to land degradation: Kalahari rangeland management options. *Land Degradation & Development*, 18(3), 249–268.
- Rikkonen, P., Kaivo-Oja, J., & Aakkula, J. (2006). Delphi expert panels in the scenario-based strategic planning of agriculture. *Foresight*, 8(1), 66–81. <https://doi.org/10.1108/14636680610647156>



- Rivera, W. M., & Sulaiman, V. R. (2009). Extension: Object of reform, engine for innovation. *Outlook on Agriculture*, 38(3), 267–273. <https://doi.org/10.5367/000000009789396810>
- 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. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 31–42.
- Rodríguez-Espinosa, H., Ramírez-Gómez, C. J., & Restrepo-Betancur, L. F. (2018). Factores determinantes de la sostenibilidad de las agroempresas asociativas rurales. *Revista de Economía e Sociología Rural*, 56(1), 107–122.
- Rodríguez, H.; Piedrahita, A.; Velásquez, S.; Toro, I.; Ramirez, C.J.; Gallego, A.; Durango, E. (2017). *Metodología para la identificación de estilos de aprendizaje aplicable al sector agropecuario Colombino*.
- Sánchez, G. N. (2003). *Técnicas participativas para la planeación*. México D.F: Fundación ICA.
- Schejtman, A., & Berdegué, J. (2004). Desarrollo Territorial Rural. *Centro Latinoamericano Para El Desarrollo Rural-Rimisp, Ed., 1*.
- Schut, M., Klerkx, L., Rodenburg, J., Kayeke, J., Raboanarielina, M., Adegbola, P., Ast, A. ., & Bastiaans, L. (2014). RAAIS : Rapid Appraisal of Agricultural Innovation Systems ( Part I ). A diagnostic tool for integrated analysis of complex problems and innovation capacity. *Agricultural Systems*, 132, 1–11.
- Spers, R. A. G., Wright, J. T. C., & Amedomar, A. de A. (2013). Scenarios for the milk production chain in Brazil in 2020. *Revista de Administração*, 254–267. <https://doi.org/10.5700/rausp1086>
- 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.
- 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.
- Spielman, D., Ekboir, J., Davis, K., & Ochieng, C. M. O. (2008). An innovation systems perspective on strengthening agricultural education and training in sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, 98(1), 1–9.
- Todo, Y., Matous, P., & Yadate, D. M. (2012). *Effects of Geography and Social Networks on Diffusion and Adoption of Agricultural Technology: Evidence from Rural Ethiopia*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2447208>



- Turner, J. a., 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.
- Turner, J. A., Klerkx, L., White, T., Payne, T., Everett-Hincks, J., Mackay, A., & Botha, N. (2015). *Unpacking systemic capacity to innovate: How projects coordinate capabilities across agricultural innovation system levels*. <https://research.wur.nl/en/publications/unpacking-systemic-capacity-to-innovate-how-projects-coordinate-c>
- van Mierlo, B., Leeuwis, C., Smits, R., & Woolthuis, R. K. (2010). Learning towards system innovation: Evaluating a systemic instrument. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(2), 318–334.
- van Rijn, F., Bulte, E., & Adekunle, A. (2012). Social capital and agricultural innovation in Sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, 108, 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.003>
- Vivanco-Aranda, M., Mojica, F. J., & Martínez-Cordero, F. J. (2011). Foresight analysis of tilapia supply chains (Sistema Producto) in four states in Mexico: Scenarios and strategies for 2018. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(3), 481–497. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.05.005>
- Wilson, P. N. (2000). Social Capital, Trust, and the Agribusiness of Economics. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 25(1), 1–13.
- World Bank. (2006). *Enhancing agricultural innovation: How to go beyond the strengthening of research systems*. The World Bank.
- Woudenberg, F. (1991). An evaluation of Delphi. *Technological Forecasting and Social Change*, 40, 131–150.
- Zartha Sossa, J. W., Halal, W., & Hernández Zarta, R. (2019). Delphi method: analysis of rounds, stakeholder and statistical indicators. *Foresight*, 21(5), 525–544. <https://doi.org/10.1108/FS-11-2018-0095>





## Capítulo 2.

### Análisis de referentes teóricos de un modelo antropogógico de extensión agropecuaria con enfoque social constructivista

Eliana A Lopera Sepúlveda

*Zoot, MSc., Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

Carmen M Guacaneme Barrera

*Zoot, MSc., Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

Holmes H Rodríguez Espinosa

*Ing. Agrón., MSc, PhD, Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

Mario Fernando Cerón-Muñoz

*Zoot., MSc, Dr, Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

### Resumen

Este capítulo presenta un análisis de diferentes teorías de aprendizaje para el desarrollo de lineamientos de un modelo reflexivo de extensión agropecuaria que se encamine a mejorar la calidad de vida de las familias campesinas

por medio de la adopción de tecnologías duras y blandas en los sistemas productivos. Lo anterior, partiendo del respeto de sus dinámicas sociales, culturales y familiares y promoviendo la asociatividad y el empoderamiento de los productores y sus familias a nivel tecnológico y empresarial. Este modelo está siendo aplicado bajo el concepto de Laboratorios Territoriales (LT), los cuales son una estrategia de proyección social de la Universidad de Antioquia, implementada por el Grupo de Investigación en Agrociencias, Biodiversidad y Territorio (GAMMA), como parte de la consolidación del Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico (CEDAIT) de la Universidad de Antioquia. Como resultado del ejercicio investigativo se presentan los lineamientos del modelo antropogógico de extensión agropecuaria (MAEA), el cual está enmarcado en la pedagogía activa y se sustenta en elementos del constructivismo de Vigotski, la educación popular, el aprendizaje significativo, la antropogogía, el aprendizaje dialógico y el aprendizaje experiencial.

**Palabras clave:** calidad de vida, desarrollo rural, enfoques basados en los derechos, innovación agrícola, teorías de aprendizaje, territorio.

## 1. Introducción

En Colombia se han ejecutado históricamente diversos procesos de extensión agropecuaria. El modelo lineal, utilizado de 1950 a 1980, no tenía en cuenta el conocimiento tradicional, es más, lo consideraba una barrera para la apropiación de nuevos conocimientos por parte de los productores; este modelo tenía un enfoque productivista sin tener en cuenta el territorio y las individualidades de los productores, quienes se consideraban receptores pasivos de nuevas tecnologías. De 1980 al 2000 se aplicó el modelo interactivo, el cual se enfocó en el fortalecimiento de las cadenas productivas, específicamente en el eslabón de comercialización, por lo que era el mercado quien marcaba la pauta en



lo concerniente a los desarrollos tecnológicos y, en general, a los procesos de innovación en el sector agropecuario (Sotomayor et al., 2011).

Después del 2000 se empezó a utilizar el modelo reflexivo, el cual añade al interactivo los conceptos de producción sostenible a nivel social, calidad de vida y salud pública y ambiental y le da especial relevancia a la seguridad alimentaria de los habitantes rurales. En la actualidad se sigue utilizando el modelo reflexivo, pero su alcance no es el esperado, porque la mayoría de los procesos de asistencia técnica están a cargo de casas comerciales de insumos agropecuarios que pueden sesgar sus resultados a favor de sus proveedores (Sotomayor et al., 2011).

De acuerdo con el documento Revisión de Políticas Agrícolas en Colombia (OCDE, 2015), los esfuerzos que ha realizado el país en materia de innovación y extensión agropecuaria presentan las siguientes fallas:

- Falta de articulación entre actores, lo que genera dificultad en la gobernabilidad, la coordinación y la conexión de los productores con la información requerida de manera oportuna y precisa.
- Los costos del ejercicio de extensión agropecuaria en tecnología y conocimientos.
- No se trabajan temas como comercialización, servicios medioambientales, gestión empresarial, desarrollo rural y el acceso a servicios financieros oportunos y adecuados según las necesidades de los productores.
- Los programas de extensión agropecuaria no tienen enfoque territorial, aunque en teoría deberían tenerlo, y se construyen sin incluir la visión y las verdaderas necesidades de los productores; por ello, su implementación conserva la característica del modelo lineal de llevar las innovaciones desarrolladas en centros de investigación a los productores.

- Baja oferta de generación de conocimiento a la que los productores puedan acceder.

Con el fin de corregir las fallas identificadas por la OCDE, el congreso colombiano creó el Sistema Nacional de Extensión Agropecuaria (SNIA) en el marco de la Ley 1876 de 29 de diciembre de 2017. El artículo 23 de dicha ley define las acciones orientadas a mejorar las capacidades de los productores. La construcción del modelo antropogógico de extensión agropecuaria (MAEA), descrito en este capítulo, cumple con los principios del sistema –expresados en el artículo 3–, pues se fundamenta en el respeto y la valoración de la diversidad sociocultural de las familias rurales y se alinea con las funciones misionales de la universidad: la investigación enfocada en el desarrollo de los territorios (Universidad de Antioquia, 2018).

De acuerdo con Adam (1977), la antropogogía se define como la creencia y el arte de instruir y educar permanentemente al hombre en cualquier periodo de su desarrollo sicobiológico y en función de su vida natural y social. Así las cosas, el MAEA se configura como una forma, paradigma, estrategia o estructura ideal hacia la cual se debe dirigir el proceso educativo de extensión agropecuaria de productores en todos los niveles y etapas biológicas (niñez, adolescencia, edad adulta y vejez) en un contexto territorial y productivo específico. Se espera que, mediante su implementación, las familias apliquen técnicas y procesos innovadores en sus sistemas productivos hasta que se conviertan en prácticas inherentes a la actividad, proceso que se conoce como adopción de tecnología (Rogers, 1983).

El MAEA es el fundamento de los Laboratorios Territoriales (LT) de la Universidad de Antioquia. Estos Laboratorios son ambientes demarca-



dos demográficamente en los que se propicia el reconocimiento de la comunidad en su articulación social, cultural, productiva, ambiental y económica en el tiempo y en el territorio y están orientados al fortalecimiento del tejido social a través del acompañamiento técnico, social, empresarial y ambiental a pequeños productores (Universidad de Antioquia, 2018). El objetivo de este capítulo es analizar los referentes teóricos del MAEA para definir lineamientos específicos para su aplicación en los LT de la Universidad de Antioquia.

## 2. Metodología

La metodología usada para identificar y analizar los referentes teóricos que sustentan el MAEA fue la revisión documental, la cual se define como el proceso que facilita y guía el acceso a información reportada en fuentes documentales verificables (Chong de la Cruz, 2007). Para ello se recabó información mediante la consulta de documentos, los cuales comprenden cualquier material de consulta que pueda usarse como referencia y cuya naturaleza o sentido no se altera con el tiempo: libros, artículos de revista, videos, entre otros (Cázares, 1990). La construcción del MAEA estuvo orientada por el enfoque de modelo reflexivo (Sotomayor et al., 2011), se sustentó en el marco legal colombiano en lo concerniente a ciencia, tecnología e innovación y se soportó en teorías de aprendizaje existentes que se adaptan a los requerimientos y condiciones de las familias productoras. El equipo humano de los LT elaboró colectivamente el MAEA mediante la búsqueda de teorías que soportan la propuesta, el diálogo de saberes de extensión agropecuaria y los conocimientos y experiencias adquiridas en la ejecución de proyectos de extensión, en especial en los LT con productores de cacao de Caucasia y Necoclí, en Antioquia.



### 3. Resultados y discusión

Se definió que el eje principal del MAEA tenga los lineamientos teóricos necesarios para garantizar la aplicación de los enfoques diferencial territorial y de sostenibilidad. Por tanto, las actividades que se desarrollen deben estar alineadas con el reconocimiento y respeto de las características particulares de sus participantes: grupo etario, nivel de estudios, entorno en el cual se desarrolla su vida, identidad de género y orientación sexual, entre otros aspectos. Asimismo, se deberá hacer acompañamiento personalizado en las áreas técnica, empresarial, social, ambiental y familiar, con el fin de brindar un fortalecimiento integral a las familias; se considera que es necesario hacer especial énfasis en temas de educación financiera –para el acceso a servicios financieros oportunos y adecuados a sus necesidades–, comercialización, servicios ambientales, gestión empresarial y desarrollo rural. Finalmente, el MAEA debe propiciar la construcción de redes de conocimiento entre familias.

A través de la revisión documental de las corrientes pedagógicas y de las teorías de aprendizaje, enmarcamos al MAEA en la corriente orientadora activista o de pedagogía activa (Luzuriaga, 1959) con elementos del modelo social constructivista (Payer, 2005). A su vez, la pedagogía activa se rige por las siguientes teorías de aprendizaje: educación popular, aprendizaje dialógico, aprendizaje significativo, constructivismo, antropología (Adam, 1977) y andragogía (Knowles, 1968).

A continuación se detallan los lineamientos y elementos de la corriente pedagógica orientadora y de las teorías de aprendizaje que se utilizaron para enmarcar al MAEA.

#### Lineamientos a partir de la corriente orientadora

Las familias campesinas asumen el rol de artífices de su propio aprendizaje (Luzuriaga, 1959); asimismo, el extensionista tendrá un rol de faci-



litador en el que debe actuar bajo la premisa de la enseñanza variada, es decir, utilizando varias herramientas de enseñanza y seleccionando las más adecuadas para satisfacer los requerimientos de los productores en un momento determinado (Pérez, 2005). Según lo descrito por Ortiz (2013), el extensionista debe permitir que las familias aprendan mediante la autoactividad, es decir, la transformación a partir del descubrimiento y las vivencias individuales, con el fin de conocer las fortalezas y debilidades del productor. También se debe fomentar la autoformación, esto es, el aprendizaje a partir de la iniciativa del productor con pensamiento crítico.

El perfil del extensionista debe estar construido atendiendo los siguientes parámetros: “saber” (lo concerniente a la formación técnica que le permita realizar su labor), “saber hacer” (se espera que el extensionista tenga una experiencia previa en trabajo con comunidad que le permita relacionarse de manera oportuna y eficiente) y, por último, “saber estar o ser” (requisitos emocionales y actitudes personales que redundan en la construcción de relaciones sanas basadas en el respeto con las familias).

El proceso de extensión agropecuaria es humanizado, entrega a los productores conocimientos para la actividad agropecuaria y para la vida partiendo del respeto por los productores, por sus creencias y sus costumbres. Este ejercicio debe construirse a partir del diálogo de saberes; por ello, el extensionista debe entregar herramientas que permitan la interacción entre productores como medio para construir conocimiento, según lo expresado por Lev Vigotsky (citado en Payer, 2005).

### Elementos del modelo social-desarrollista

La evaluación de conocimientos está dirigida a encontrar la “zona de desarrollo próximo”, planteada por Lev Vygotsky (citado en González, et al. 2011). Con ello, más que “calificar” al productor se busca detectar el

grado de ayuda que necesita del extensionista para que pueda resolver el problema por sí mismo.

### Elementos de la “educación popular”

La finalidad de la extensión agropecuaria debe ir más allá del incremento de la productividad y se debe orientar hacia a la transformación de la sociedad desde los sistemas productivos. Para ello, el extensionista debe romper el paradigma del “productor oprimido”, en el que el “opresor” (entre otros actores, la agroindustria, el gobierno y otras comunidades) desconoce la realidad del campo colombiano y ve a los campesinos como personas ignorantes, con poca imaginación y perezosos. Dependiendo de los mismos campesinos llegar a la transformación a partir del entendimiento de la realidad y de acciones participativas que fomenten el cambio (Freire, 2004).

En este sentido el extensionista en cada encuentro debe iniciar con temas reflexivos que fomenten el diálogo y que permitan la interacción de todos los integrantes de la familia, incluido él mismo, partiendo de una actitud democrática (buscando consensos). Por último y para facilitar los lazos de confianza, el extensionista debe demostrar amor por lo que hace, respeto y mucha humildad, teniendo en cuenta que los seres humanos reaccionan a las emociones y a la percepción que tengan del otro (Freire, 2004).

### Elementos del aprendizaje dialógico

En el escenario de la extensión agropecuaria todos los actores deben percibirse como iguales, sin importar sus características o condiciones individuales o sociales. En este sentido, se hace necesario romper el paradigma del extensionista sabio que llega a “salvar de la ignorancia al productor”. El extensionista debe buscar desarrollar las habilidades



comunicativas de los productores, de modo que pongan a disposición de sus pares y de otros actores sus saberes, experiencias y sueños (Arbeláez, 2015).

### Elementos del aprendizaje significativo

El diseño de la malla curricular del MAEA debe partir de los conocimientos preliminares de las familias campesinas, los cuales son producto de su experiencia o de capacitaciones. El extensionista debe identificar, entre otros aspectos, los conocimientos, percepciones y los mitos que tienen los productores respecto a los temas a tratar en el acompañamiento, y a partir de esto buscar la estrategia idónea para anclar el nuevo conocimiento a la estructura cognitiva previa que posee el productor. De acuerdo con Ausubel (1983), esta es la manera en la que se logra hacer un aprendizaje significativo.

### Elementos de la antropogogía

En todo proceso de extensión agropecuaria se deben incluir niños y adolescentes de manera activa (pedagogía incluida dentro de la antropogogía), con miras al relevo generacional del sector agropecuario. Para los procesos con niños y jóvenes se deben planear acompañamientos lúdicos y dinámicos. Dado que los niños tienen mayor capacidad de asombro –entendida como la facilidad de sorprenderse con lo nuevo y aprender de ello–, los medios que utilizará el extensionista deben estar enfocados a despertar la curiosidad, la interacción, el descubrimiento y la exploración (Cañizales, 2004).

Dentro de la antropogogía se encuentra la andragogía, dedicada a la formación de hombres y mujeres adultos. En ella se plantea que el proceso de aprendizaje sea continuo y autónomo para que su accionar siempre esté orientado al logro (Knowles, 1968); asimismo, propone que la malla

curricular diseñada para esta población se alinee a la solución de problemas de la vida real, tanto dentro del sistema productivo como fuera de él. En este sentido se requiere que cada familia establezca cuáles son las aspiraciones con respecto al programa de extensión, así como las dificultades que tienen a diario como familia (Rodríguez, 2011).

De igual manera, el extensionista debe tener un lenguaje oral y corporal claro, cercano y respetuoso; debe dominar conceptualmente la malla curricular y tener la habilidad de hacer cambios en el orden de los contenidos como respuesta a las necesidades de los productores (Sánchez, 2015). Para poder “sumergirse” en el grupo como agente de cambio, es necesario que el extensionista construya relaciones interpersonales respetuosas que le permitan identificar las potencialidades y falencias en cada una de las familias, de modo que las experiencias y saberes de todos se constituyan en recursos para el aprendizaje.

Asimismo, es necesario que comprenda que todas las personas tienen ritmos de aprendizaje diferentes (Knowles, 1968). Se recomienda que el ejercicio de extensión se realice en un espacio tranquilo en el que los productores se sientan a gusto, sin presiones, donde puedan expresarse libremente de modo que, si en un momento determinado enuncian algo erróneo, esto se transforme en una nueva oportunidad de aprendizaje. Además, se recomienda que las sesiones se den en horarios concertados que no impliquen modificaciones abruptas en las agendas de las personas con las que se trabaja.

Para trabajar con adultos mayores el extensionista se debe enfocar en aspectos sociales, teniendo en cuenta las conductas propias del envejecimiento como: pérdida de memoria, dificultad para resolver algunos problemas y desempeñar tareas ordinarias, disminución en la visión y la audición, cambios de humor, entre otras. En este caso, el extensionista debe



propender por garantizar un espacio muy seguro y respetuoso para que los adultos mayores se sientan cómodos; asimismo, los ejercicios de enseñanza deben realizarse en un tiempo menor y en un ambiente de diálogo e intercambio de saberes en el que ellos puedan hablar tranquilamente de su cotidianidad. Si se van a usar materiales audiovisuales estos deben ser cortos, concisos, con letras grandes, con un volumen adecuado que permita la percepción correcta de los mensajes. También se recomienda realizar actividades prácticas (Krzemien, 2012; Sánchez, 2015).

### Ciclos del aprendizaje

Los LT se desarrollan mediante la aplicación del ciclo de Kolb (1984), el cual está integrado por los siguientes elementos: experiencia, reflexión inicial, conceptualización y experimentación y apropiación. En la práctica, el ciclo de Kolb se inicia con una mezcla mayéutica socrática que promueve la reflexión a través de preguntas. Después de cumplir con las fases del ciclo se inicia uno nuevo partiendo de las experiencias creadas (Kolb, 1984).

El proceso de formación de adultos se debe enfocar en el desarrollo de competencias cognitivas: pensamiento comprensivo, crítico y creativo, toma de decisiones y resolución de conflictos; estas competencias permiten mejorar la capacidad de análisis, síntesis, valoración de la información y generación de ideas. También se deben trabajar las competencias metacognitivas –como la autorregulación y la transferencia– que permiten que el adulto en formación examine y juzgue su experiencia de aprendizaje y sea capaz de trasladarla a otras experiencias (Alonso Chacón, 2012).

### Elementos del modelo antropogógico activista con enfoque social constructivista

En el Cuadro 1 se relacionan los elementos que se incorporan a los LT desde una corriente activista del modelo antropogógico en la que se integran el enfoque social y constructivista (Luzuriaga, 1959).

## Cuadro 1. Elementos del modelo antropogógico activista con enfoque social constructivista

### **Modelo antropogógico de extensión agropecuaria**

#### **Currículo**

Elementos técnicos pertinentes al tipo de producción a intervenir, con un enfoque de fortalecimiento al productor como agroempresario más que como proveedor de *commodities*; la malla curricular debe ir ligada a los conocimientos, percepciones y costumbres previas del productor y enfocada en la solución de problemas.

#### **Requerimiento del sistema**

Proceso educativo alineado con las necesidades del campo colombiano, respetando el ser y el hacer de los productores para evitar la transculturación.

#### **Objetivo**

Contribuir desde la extensión agropecuaria a la transformación del campo colombiano mediante la humanización y reconocimiento de las familias campesinas.

#### **Método**

Por construcción de lógica científica en escenarios sociales donde todos los actores deben ser vistos como iguales en un ambiente de seguridad y respeto.

#### **Forma**

Equilibrio del proceso de enseñanza y aprendizaje, el cual gira alrededor del productor, su familia y su entorno social, cultural, entre otros.

#### **Relación extensionista y productor**

El rol del productor es el de artífice y protagonista de la actividad educativa; en esta, el extensionista es un facilitador con amplio conocimiento de la realidad de los productores y de los contenidos de la malla curricular.

#### **Tipo de evaluación**

Evaluación enfocada en encontrar la zona de desarrollo próximo de los productores, por lo tanto, el objetivo no es calificar sino detectar el grado de ayuda que requieren. El proceso debe ser continuo, autónomo y orientado al logro.

#### **Medios**

Variedad de actividades: existen muchas maneras y herramientas de aprendizaje, el extensionista elige la más adecuada de acuerdo con los requerimientos de los productores.

Autoformación: aprendizaje a partir de la iniciativa del productor usando herramientas que el extensionista ofrece. El fin es desarrollar pensamiento crítico y propender porque la interacción entre pares sea la base del aprendizaje colaborativo.

Para el ejercicio con niños y adolescentes se deben usar elementos que activen la creatividad.



## Teorías

Educación popular, aprendizaje dialógico, aprendizaje significativo, antropogogía y constructivismo.

¿Qué capacidades se desarrollan en el productor?

Creatividad, pensamiento crítico, habilidades comunicativas, autorrealización, fortalecimiento del espíritu de solidaridad y cooperación, transformación a partir del descubrimiento y las vivencias individuales y reconocimiento de sus fortalezas y debilidades.

## ¿A quién forma?

Productores fortalecidos técnica, social y empresarialmente, con un papel activo en la transformación del sector agropecuario colombiano en tanto tienen capacidades para hacer lecturas críticas y proactivas de la cadena agropecuaria en la cual están inmersos.

Se espera que el ejercicio con niños y adolescentes redunde en mejores tasas de relevo generacional.

---

Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de Luzuriaga (1959)

Entre los lineamientos del MAEA se encuentran varios puntos de la propuesta de Malcom Knowles (1968), padre de la andragogía, aplicados a familias rurales. Estos, a su vez, se relacionan con la definición de familia propuesta por Balbuena (2007), a saber, una unidad social dinámica conformada por parientes genéticos, políticos o no parientes, en la que sus integrantes desarrollan relaciones personales íntimas, se protegen, acompañan y crecen a nivel físico, espiritual y emocional.

Es importante señalar que la andragogía requiere de la integración del enfoque diferencial, el cual es propuesto en la Ley 1876 de 2017 en la que se encuentra enmarcado el MAEA. Según este enfoque, es necesario que el análisis, actuación y evaluación de la población esté basado en la protección de sus derechos fundamentales desde la equidad y diversidad. El enfoque propone que se tengan en cuenta las condiciones de los sujetos en tanto grupo socioeconómico, género, etnia, identidad



cultural y desde las variables del ciclo vital: niñez, juventud, adultez y vejez (Organización de Naciones Unidas, 2020).

Sandoval (1990), desde la Universidad del Valle, concluyó que muchos programas de extensión fracasan por la relación desigual que se propone entre extensionista y productor y porque en su formulación y construcción no se tienen en cuenta factores como la forma en la que las personas aprenden y cómo esto influye en la conducta individual y colectiva de los mismos de cara a los procesos formativos. Esto hace que la formación se convierta en la transmisión de “informaciones mutiladas” sin ninguna relación con las condiciones de los productores, ya que todos los contenidos provienen de una fuente externa; por ello, los productores no pueden establecer relación alguna entre el conocimiento que pretenden adquirir ni con la solución a los problemas que se les presentan en sus sistemas productivos. Aunque en principio el productor acepte ser beneficiario de algún proyecto de donación o acceso a crédito, Sandoval (1990) señala que al finalizar el programa de extensión la familia productora “olvida” toda la formación recibida.

Finalmente, Sandoval (1990) propone que las técnicas usadas en los procesos de extensión agropecuaria generan resultados de acuerdo con el objetivo propuesto en ellos. Así, para garantizar el éxito de un programa, este debe construirse bajo la premisa de que su fin no es la capacitación “técnica vacía”, sino un proceso de transformación integral por parte de las familias, donde estas sean responsables de la construcción de su propio conocimiento y de la transformación social del entorno en el que se desenvuelven.

A partir del aprendizaje dialógico, el proceso de selección y reconocimiento de las familias de los LT y los lineamientos acerca de las competencias que deben tener los extensionistas agropecuarios, el MAEA



pone en práctica lo presentado por Freire (1973) en su ensayo *¿Extensión o comunicación?* En este, el autor plantea que el diálogo entre extensionistas y productores es necesario para acortar la distancia entre las percepciones del uno y del otro acerca de un tema de interés; para ello, el extensionista debe entender el contexto y las formas de comunicación que se presentan en los núcleos familiares campesinos. Este ejercicio, además, permite que el quehacer educativo del extensionista no se quede en una simple “transmisión” de conocimiento o información, sino que se convierta en un encuentro de pares que posibilite la co-construcción de conocimientos a través de la interacción.

En el ejercicio de extensión agropecuaria, los interlocutores –extensionista y productor– deben respetar la realidad y las diferencias del otro para garantizar un diálogo comprensible en el que se debe evitar utilizar expresiones técnicas que no tengan un significado apreciable para el productor. Por lo tanto, es necesario que el extensionista tenga la capacidad de adaptarse a los conocimientos, lenguaje y creencias de los productores para que puedan entender, interiorizar y llevar a su práctica diaria aquello que les comparte el extensionista. Si bien es un reto para el extensionista romper ciertas barreras de saberes ancestrales, tales como la creencia de la incidencia en los sistemas productivos de seres y fenómenos sobrenaturales, creencia que ocasiona darle menor importancia a conocimientos técnicos probados, este ejercicio debe darse en un espacio de respeto y de manera sistémica, dialógica y cercana. Es importante que el productor no sienta que se está contradiciendo su “conocimiento”, pues se estaría efectuando lo que Freire (1973) describe como “invasión cultural”. Adicionalmente, se debe preservar el saber ancestral, pues constituye parte fundamental de la identidad campesina (Fonte y Ranaboldo, 2007). Probablemente los productores no renuncien a sus costumbres más arraigadas, pero pueden adoptar las prácti-

cas sugeridas por el extensionista de manera voluntaria como complemento a lo que tradicionalmente han realizado.

En el ensayo “Relación entre extensión, educación y comunicación”, Barrientos y Ryan (2012) enfatizan en la importancia de la comunicación (entendida como diálogo, intercambio de saberes, reciprocidad, etc.) en la extensión rural. La comunicación es el soporte de la educación, la cual es un proceso continuo, progresivo y con variaciones en el tiempo ligadas a las transformaciones sociales y de los contextos en los cuales se desarrolla dicho proceso. La extensión rural, por su parte, se define como una actividad transformadora de los productores y de su realidad que tiene como fin promover el desarrollo integral de los productores y de sus familias y su participación en procesos que contribuyan a la transformación social.

Los autores señalan que en el proceso de extensión agropecuaria se identifican modelos pedagógicos endógenos y exógenos. Los primeros parten del rol protagónico del productor, los segundos son aquellos que se construyen desde fuera del ámbito productivo; son estos últimos los que se han enfocado de manera errada en un proceso comunicativo “lineal” en el que el fin último es transmitir un mensaje, en este caso conocimiento técnico, sin tener ningún tipo de relacionamiento ni respuesta por parte del receptor del mensaje.

Barrientos y Ryan (2012) hacen un recorrido por los principales modelos extensión agropecuaria:

- **Lineal:** también denominado modelo de la pedagogía transmisora, es el modelo en el que el extensionista (agente activo) es quien enseña, habla, plantea las reglas de juego, elige los contenidos y ejecuta la práctica de “formación bancaria”. Los productores (agente pasivo),



por su parte, al “no saber nada” deben aprender a partir de la escucha y la obediencia. Este modelo de extensión se enmarca en el modelo instruccional tradicional que pretende formar seres humanos sin capacidad crítica, disciplinados, sometidos a la norma, que solo puedan hacer procesos memorísticos que los lleven a reproducir el *statu quo*.

- **Interactivo:** también nombrado en el ensayo como el de la pedagogía conductista o persuasoria, es un modelo cuya implementación pretende moldear al productor de acuerdo con las necesidades del mercado, las cuales se convierten en objetivos de los procesos de extensión. Está enmarcado en el modelo instruccional conductista, el cual tiene como enfoque la reproducción del *statu quo* del sistema económico. En él, el aprendizaje está ligado a un sistema de estímulos y recompensas basado en el conductismo propuesto por Pavlov y los productores no alcanzan a desarrollar un espíritu crítico ni un papel activo en los procesos de transformación del entorno.
- **Reflexivo:** utiliza la pedagogía problematizadora/participativa, en el que el modelo de extensión agropecuaria es una herramienta cuyo fin último no es la información ni la alineación de conductas específicas, sino la formación integral de los productores para la transformación de su entorno a partir de la evolución de sus estructuras mentales y, por ende, la mejora de su capacidad de razonamiento crítico. La estrategia de comunicación bajo este modelo está enmarcada en la existencia de un emisor y un receptor en un ciclo “bidireccional-permanente”. Este modelo está enmarcado en la pedagogía activa con elementos de la pedagogía social y del constructivismo.

El ensayo de Barrientos y Ryan (2012) permitió sustentar que el MAEA utiliza un modelo de extensión reflexivo, en particular en lo concer-

niente a la importancia que se le da a la comunicación entre actores y al intercambio de saberes para la construcción conjunta de planes de mejoramiento orientados a las realidades de las familias campesinas y no a supuestos que surgen de la lectura de fuentes secundarias que pueden o no coincidir con lo que sucede en un territorio.

En general, se puede afirmar que el MAEA que se está implementando en los LT alcanza las expectativas de diversos autores, quienes han identificado que el éxito a nivel de apropiación de conocimiento por parte de los productores agropecuarios y sus familias está ligado a dos aspectos: por un lado, al reconocimiento que se les da como seres humanos con personalidades diferentes, con costumbres, creencias y entornos que los hacen únicos y, por otro, a la implementación de estrategias que hacen del aprendizaje un proceso de construcción permanente. Esto último se relaciona con la convicción que tienen los productores y sus familias de que el MAEA es una herramienta fundamental en el desarrollo de sus sistemas productivos, en tanto redonda en la solución de problemas de su cotidianidad, en la mejora de su productividad, el aumento de sus ingresos y su realización personal. Además, el MAEA tuvo en cuenta la normatividad colombiana desde lo educativo, lo administrativo, agrario y legal.

## 4. Conclusiones

El servicio de extensión agropecuaria es un medio para que las familias campesinas sean incluidas en las cadenas productivas y tengan más opciones para mejorar las condiciones de vida que inciden directamente en su bienestar y felicidad, por lo tanto, se considera un proceso educativo, social y de desarrollo rural. Cualquier programa de extensión agropecuaria debe estar construido bajo un enfoque antropogógico



con estrategias de enseñanza para todos los grupos etarios, dado que la participación de todos los miembros de las familias campesinas en el manejo técnico, administrativo y comercial de la unidad productiva es necesaria para garantizar la sostenibilidad de esta, así como el relevo generacional. Los procesos de innovación agropecuaria son eficientes siempre y cuando las familias productoras a los que van dirigidos tengan la posibilidad de comprobar de manera tangible los beneficios de su implementación en el sistema productivo.

Las características de las familias campesinas y del entorno son dinámicas en el tiempo, por lo tanto, el extensionista no debe aferrarse a unas estrategias y medios estándar, sino que debe tener la capacidad de adaptarse y evolucionar a la par de los productores. Comprender la particularidad de cada núcleo familiar y sus dinámicas permite entender los alcances y metas que se pueden alcanzar dentro de un sistema productivo con las familias rurales. Por lo tanto, los actores inmersos en la prestación de este servicio deben ser flexibles a los cambios que el entorno ofrece. Según la Ley 30 de 1992 (Congreso de la República de Colombia, 1992), las universidades dentro de sus ejercicios de proyección social se deben vincular al desarrollo de los territorios y poner a disposición su conocimiento. En nuestro caso, hemos integrado nuevos modelos y herramientas de extensión agropecuaria que pueden ser claves para el entendimiento de los sistemas productivos, teniendo como eje fundamental los núcleos familiares y las comunidades.

Toda intervención que se haga a nivel de comunidad debe estar enmarcada en el cumplimiento de los enfoques diferencial, territorial y de sostenibilidad social, ambiental y económica. Bajo ningún escenario la extensión agropecuaria debe replicar prácticas transmisionistas o “bancarias”, por el contrario, debe partir del diálogo de saberes y del

conocimiento real de las familias productoras, su entorno, habilidades, creencias y necesidades; solo así la extensión puede propender por una construcción de conocimiento activa y que dé solución a los problemas de la vida real de las familias. Los extensionistas deben realizar procesos de extensión dinámicos y en doble vía que integren el saber experiencial y que, mediante el diálogo de saberes, promuevan la adopción de innovaciones.

La malla curricular de los programas de extensión debe ser integral, de modo que las familias productoras desarrollen las habilidades necesarias para formar encadenamientos productivos y de valor con eslabones como comercialización o transformación y con otros actores de las cadenas, como lo son la academia, las entidades territoriales, las entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEAS), el sector financiero, las organizaciones no gubernamentales, entre otros. La selección de personal para prestar el servicio de extensión agropecuaria debe hacerse mediante una evaluación integral que tenga en cuenta el conocimiento técnico, la experiencia y la habilidad para hacer trabajo con comunidades. El modelo antropogógico de extensión agropecuaria implementado en los LT puede replicarse en cualquier sistema productivo de economía campesina en la ruralidad colombiana, pero para ello será necesario adaptar los contenidos, actividades e indicadores de la dimensión técnica.

## 5. Referencias bibliográficas

- Adam, F. (1977). *Algunos enfoques sobre andragogía*. Caracas: Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez.
- Alonso Chacón, P. (2012). La andragogía como disciplina propulsora de conocimiento en la educación superior. *Revista Electrónica@Educare*, 16(1), 15-26. Recuperado el 10 de febrero de 2021 de <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194124281003.pdf>



- Arbeláez, D. (2015). *Propuesta de observación de las interacciones en la escuela a través de los principios de aprendizaje dialógico*. Recuperado el 10 de febrero de 2021 de <https://www.comunidadedeaprendizagem.com/uploads/materials/450/14289a0d39d832fc603a842f5355c517.pdf>
- Ausubel, D. (1983). *Psicología educativa un punto de vista cognoscitivo*. Ciudad de México: Trillas.
- Balbuena, C. (2007). La familia, núcleo básico de la sociedad y reflejo de las condiciones de vida de la población. *Población y Desarrollo*, 34, 112-119. Recuperado el 12 de febrero de 2021 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5654256>
- Barrientos, M. y Ryan, S. (2012). Relación entre extensión, educación y comunicación. Recuperado el 15 de febrero de 2021 de <http://agro.unc.edu.ar/~extrural/Educacion.pdf>
- Cañizales, Y. (2004). Estrategias didácticas para activar el desarrollo de los procesos de pensamiento en el preescolar. *Investigación y Postgrado*, 19(2), 179-200. Recuperado el 14 de febrero de 2022, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-00872004000200008&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-00872004000200008&lng=es&tlng=es).
- Cázares, L. (1990). *Técnicas actuales de investigación documental*. Ciudad de México: Trillas. Recuperado el 22 de febrero de [https://www.academia.edu/30356880/T%C3%A9cnicas\\_actuales\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_documental\\_Cazares\\_Laura](https://www.academia.edu/30356880/T%C3%A9cnicas_actuales_de_investigaci%C3%B3n_documental_Cazares_Laura)
- Chong de la Cruz, I. (2007). Métodos y técnicas de la investigación documental. *Investigación y Docencia en Bibliotecología*. México: Facultad de Filosofía y Letras, Dirección General Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México, 2007. 183 - 201. Recuperado el 15 de febrero de <http://ru.ffyl.unam.mx/handle/10391/4716>
- Ley 1876 de 2017. Por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 50.461. Recuperado el 1 de febrero de 2021 de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1876\\_2017.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1876_2017.html)
- Fonte, M., y Ranaboldo, C. (2007). Desarrollo rural, territorios e identidades culturales. perspectivas desde américa latina y la unión europea. *Revista Opera*, (7), -31 Recuperado el 15 de febrero de 2022 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67500702>
- Freire, P. (1973). *¿Extensión o comunicación? La concientización en el medio rural*. Ciudad de México: Siglo XXI Editores. Recuperado el 15 de febrero de 2021



- de <https://grandeseducadores.files.wordpress.com/2015/07/extensic3b3n-o-comunicac3b3n-la-conciencia-en-el-medio-rural-1973.pdf>
- Freire, P. (2004). *Pedagogía de la autonomía*. São Paulo: Paz e Terra. Recuperado el 10 de febrero de 2021 de <https://www.buenosaires.gob.ar/areas/salud/dircap/mat/matbiblio/freire.pdf>
- González, A., de los Ángeles Rodríguez, A., y Hernández D. (2011). El concepto zona de desarrollo próximo y su manifestación en la educación médica superior cubana. *Educación Médica Superior*, 25(4), 531-539. Recuperado el 14 de febrero de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412011000400013&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412011000400013&lng=es&tlng=es).
- Knowles, M. (1968). Andragogy, not pedagogy. *Adult Leadership*, 16(10), 350-352
- Krzemien, D. (2012). Sabiduría y envejecimiento: Una revisión conceptual y operacional del constructo sabiduría y su relación con la edad. *Anales de Psicología*, 28, (1), 120-138. Universidad de Murcia, España. Recuperado el 14 de febrero de 2022 de <https://revistas.um.es/analesps/article/view/140602/126692>
- Kolb, D.A (1984) *Experiential Learning Experience as The Source of Learning and Development*. Nueva Jersey: Prentice Hall. Recuperado el 23 de febrero de 2021 de [https://www.researchgate.net/publication/235701029\\_Experiential\\_Learning\\_Experience\\_As\\_The\\_Source\\_Of\\_Learning\\_And\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development)
- Luzuriaga, L. (1959). *Historia de la educación y la pedagogía*. Buenos Aires: Losada. Recuperado el 18 de febrero de [https://www.academia.edu/34979005/Historia\\_de\\_la\\_Educaci%C3%B3n\\_y\\_la\\_Pedagog%C3%ADa\\_de\\_Lorenzo\\_Luzuriaga](https://www.academia.edu/34979005/Historia_de_la_Educaci%C3%B3n_y_la_Pedagog%C3%ADa_de_Lorenzo_Luzuriaga)
- Congreso de la República de Colombia. (1992, 28 de diciembre). Ley 30 de 1992. Por medio de la cual se organiza el servicio público de educación superior. Diario Oficial No. 40.700 de 29 de diciembre de 1992. Recuperado el 15 de febrero de 2021 de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0030\\_1992.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0030_1992.html)
- Organización de Naciones Unidas. (2020). Enfoque diferencial. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de <https://www.hchr.org.co/index.php/76-boletin/recursos/2470-ique-es-el-enfoque-diferencial>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2015). *Revisión de la OCDE de las Políticas Agrícolas: Colombia 2015. Evaluación y recomendaciones de política*. Recuperado el 9 de febrero de 2021 de [https://www.minagricultura.gov.co/Reportes/OECD\\_Review\\_Agriculture\\_Colombia\\_2015\\_Spanish\\_Summary.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/Reportes/OECD_Review_Agriculture_Colombia_2015_Spanish_Summary.pdf)



- Ortiz, A. (2013). *Modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje*. Bogotá: Ediciones de la U. Recuperado el 10 de febrero de 2021 de <https://tallerdelaspalabrasblog.files.wordpress.com/2017/10/ortiz-ocac3b1a-modelos-pedagc3b3gicos-y-teorc3adas-del-aprendizaje.pdf>
- Payer, M. (2005). Teoría del constructivismo social de Lev Vygotsky en comparación con la teoría Jean Piaget. Recuperado el 3 de febrero de 2021 de <http://www.proglocode.unam.mx/system/files/TEORIA%20DEL%20CONSTRUCTIVISMO%20SOCIAL%20DE%20LEV%20VYGOTSKY%20EN%20COMPARACI%C3%93N%20CON%20LA%20TEORIA%20JEAN%20PIAGET.pdf>
- Pérez, M. Rol (2005). docente y pedagogía activa en la formación universitaria. La enseñanza centrada en el aprendizaje del alumno. *Humanismo y trabajo social*, (4), 153-175. Recuperado el 18 de febrero de 2021 de <https://www.redalyc.org/pdf/678/67800409.pdf>
- Rodríguez, W. (2011). Antropogogía: teoría agógica general [entrada de blog]. Recuperado el 10 de febrero de <http://antropogogia.zoomblog.com/archivo/2008/10/28/antropogogia-Teoria-agogica-general.html>
- Rogers, M. (1983). *Diffusion of innovations*. 3a ed. The Free Press. Recuperado el 1 de febrero de 2021 de <https://teddykw2.files.wordpress.com/2012/07/everett-m-rogers-diffusion-of-innovations.pdf>
- Sánchez, I. (2015). *La andragogía de malcom knowles: teoría y tecnología de la educación para adultos* (tesis doctoral). Valencia: Universidad Cardenal Herrera-Ceu. Recuperado el 20 de febrero de 2021 de [https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/7599/1/La andragogía de Malcom Knowles\\_ teoría y tecnología de la educación de adultos\\_Tesis\\_Iluminada Sánchez Domenech.pdf](https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/7599/1/La%20andragog%C3%ADa%20de%20Malcom%20Knowles%20teor%C3%ADa%20y%20tecnolog%C3%ADa%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20de%20adultos_Tesis_Iluminada_S%C3%A1nchez_Domenech.pdf)
- Sandoval, A. (1990). *Extensión rural*. Publicaciones Sena Regional del Valle. Recuperado el 12 de febrero de 2021 de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/3467/unidad\\_01\\_desarrollo.pdf;jsessionid=6955BE97BEE4B6176355FFB3440B176D?sequence=1](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/3467/unidad_01_desarrollo.pdf;jsessionid=6955BE97BEE4B6176355FFB3440B176D?sequence=1)
- Sotomayor, O., Rodríguez, A. y Rodríguez, M. (2011). *Competitividad, sostenibilidad e inclusión social en la agricultura: Nuevas direcciones en el diseño de políticas en América Latina y en el caribe*. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado el 5 de febrero de 2021 de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2595/1/S1100593\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2595/1/S1100593_es.pdf)

Universidad de Antioquia. (2018). Proyecto: "Desarrollo y establecimiento del Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico de Innovación e Integración Territorial, el Carmen de Viboral, Antioquia, occidente". Recuperado el 15 de febrero de 2021 de <https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/cedait>



## Capítulo 3.

### Laboratorios Territoriales como experiencia innovadora en el acompañamiento técnico, económico y social a familias productoras de cacao

Carmen Milena Guacaneme-Barrera

*Zoot, MSc., Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

Natalia Andrea Zapata-Zapata

*Zoot, Esp., Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

Holmes Rodríguez Espinosa

*Ing. Agrón., MSc, PhD, Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

Marisol Medina-Sierra

*Ing. Agrón., MSc, Dra. Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

Mario Fernando Cerón-Muñoz

*Zoot., MSc, Dr. Universidad de Antioquia,*

*Grupo de Investigación GAMMA*

### Resumen

Los Laboratorios Territoriales (LT) surgen como una necesidad de proyección social de la Universidad de Antioquia en

los territorios mediante la gestión de conocimiento y acompañamiento a familias. Así, se han convertido en una propuesta de innovación social que procura la construcción comunal de conocimiento, la adopción de tecnologías apropiadas, la integración de actores locales y, en especial, la búsqueda invaluable de la felicidad y la satisfacción de necesidades de los núcleos familiares en sus entornos productivos. En este capítulo describiremos la puesta en marcha del LT en familias productoras de cacao de Cauca y Necoclí (LT-cacao), con el cual se logró la construcción y la validación de un modelo antropogógico para la gestión de conocimiento y la transferencia de tecnología a través de una intervención participativa en cinco dimensiones: técnica, empresarial, social, ambiental y familiar. Este capítulo describe el desarrollo del LT-cacao partiendo de la selección de familias y la construcción de la línea base de las innovaciones agropecuarias, hasta la aplicación de estrategias de acompañamiento integral presencial y virtual. Los indicadores de innovación de la línea base fueron aceptables y aumentaron considerablemente con la ejecución del proyecto, demostrando la funcionalidad del modelo antropogógico propuesto.

**Palabras clave:** adopción de innovaciones, calidad de vida, educación permanente, extensión agrícola, territorio.

## 1. Introducción

Según la OCDE (2015), las políticas agrícolas en Colombia no han permitido la adopción de innovaciones coherentes a los contextos y a las necesidades de los territorios del país; por ello se construyó la Ley 1876 de 2017, en la cual se consolida el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) como un subsistema del Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCCTI). En el caso de las



universidades, se pueden integrar al SNIA apoyando la formación y capacitación para la innovación y la extensión agropecuaria, esta última incluida ya desde 1992, en la Ley General de la Educación Superior (Ley 30 de 1992) y en el decreto 2566 de 2003 como uno de los procesos misionales de los centros educativos.

Los LT surgen como una necesidad de proyección social de la Universidad de Antioquia en los territorios mediante la gestión de conocimiento y acompañamiento a familias rurales y se alinea a los conceptos antropológicos de los laboratorios de paz y la construcción de Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) (Presidencia de la República, 2017). Los LT son propuestas de innovación social que procuran la construcción comunal de conocimiento, la adopción de tecnologías apropiadas, la integración de actores locales y la búsqueda de la felicidad y la satisfacción de necesidades de los núcleos familiares en sus entornos productivos.

En el 2019 se inició el LT con productores de cacao en Antioquia, el cual pretendió la construcción y la validación de un modelo antropogógico para la gestión del conocimiento y la transferencia de tecnología a través de una intervención participativa en cinco dimensiones: técnica, empresarial, social, ambiental y familiar. Esta intervención priorizó el saber campesino, el saber de los técnicos y las dinámicas que caracterizan la cadena productiva del cacao en las que se evidencian vínculos sociales de solidaridad, asociatividad y sentido comunitario, así como la adopción tecnológica pertinente. Este capítulo describe el desarrollo del LT-cacao partiendo desde la selección de familias y la construcción de la línea base de las innovaciones agropecuarias, hasta la aplicación de estrategias de acompañamiento integral a familias cacaoteras de los municipios de Caucaasia y Necoclí (Antioquia).

## 2. Metodología de los Laboratorios Territoriales

Se conformaron dos LT-cacao en los municipios de Cauca y Necoclí con 42 familias ubicadas de forma dispersa en el sector rural, teniendo en cuenta las siguientes actividades:

### 2.1 Selección de familias

La selección de las familias de los LT-cacao se realizó a través de una encuesta de preselección aplicada a grupos de productores. Con esta se identificaron aspectos relevantes relacionados con las condiciones que debían cumplir las familias y sus cultivos y el interés en participar. Adicionalmente se realizó una visita de verificación del predio.

La encuesta tuvo cuatro criterios habilitantes: área total del predio, área destinada a cultivos de cacao, años que lleva como productor de cacao y la existencia de un documento que acredite su propiedad, tenencia o arrendamiento del predio. También contó con un criterio informativo (localización del predio) y uno referido (nombre de la persona que lo asesora).

Para contrarrestar la barrera que puede ocasionar el analfabetismo y la complejidad para la aplicación de encuestas, se realizaron reuniones en las que se colocaron carteleras de diferentes colores en las paredes, cada una de las cuales contenía una pregunta, y se les entregaron tarjetas de los mismos colores a los productores para que las respondieran en un lapso de cinco minutos (Imagen 1).

Posteriormente se realizaron las visitas de verificación (Imagen 2), en las que se analizaron mediante una encuesta los aspectos sociales, familiares y comportamentales del productor y su grupo familiar y se verificaron los criterios habilitantes, anteriormente consultados en la prese-



**Imagen 1.** Actividades de socialización y de aplicación de encuestas para la preselección de familias en asociaciones del municipio de Necoclí (Antioquia).

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

lección. Por ejemplo, un aspecto para la evaluación de un criterio social fue el de compromiso, medido por la puntualidad para recibir la visita (1: no recibe la visita, 2: se esperó 30 minutos, 3: se esperó entre 15 y 30 minutos, 4: se esperaron 15 minutos y 5: se cumplió con la hora acordada). Posteriormente, se procedió a la selección de las familias con mayor puntaje obtenido hasta completar las 42 familias.



**Imagen 2.** Verificación de requisitos para la selección de familias productoras de cacao en Cauca y Necoclí, Antioquia.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

## 2.2 Caracterización de las familias y los predios

La caracterización o diagnóstico fue participativo e involucró a los productores y extensionistas con conocimiento directo o indirecto de las



dinámicas de interés, las cuales estaban enfocadas en las cinco dimensiones (aspectos técnicos, económicos-empresariales, sociales, ambientales y familiares). La base teórica de esta etapa fue el diagnóstico rural participativo y la búsqueda de soluciones de abajo hacia arriba, según lo recomendado por Verdejo (2003); así, las familias de los LT-cacao fueron las que identificaron sus necesidades para cada dimensión. A partir de esta autogestión y la participación interactiva y comunitaria se diseñaron los planes de acompañamiento. La caracterización se realizó así:

### Construcción participativa de indicadores:

En esta etapa los productores seleccionados construyeron colectivamente los indicadores definitivos para cada una de las dimensiones; para esto utilizaron las técnicas de lluvia de ideas y grupo de discusión (Gelfius, 2009). El extensionista explicó a los productores la primera técnica y promovió la reflexión con la pregunta: ¿qué se necesita para tener una finca ideal? Con esta pregunta el extensionista incentivaba la reflexión de los productores respecto a las variables o aspectos que consideraban importantes en el fortalecimiento de sus sistemas productivos y sus relaciones sociales y familiares (Imagen 3). Se evitó dar ideas preliminares de los indicadores para garantizar la reflexión espontánea entre los productores. Las ideas proporcionadas por los productores se escribieron en carteleras, una para cada dimensión.

Posteriormente se promovió una discusión sobre los resultados de la lluvia de ideas, en la que cada idea correspondía a un indicador. Al finalizar la conversación se definieron bajo consenso o por votación los indicadores definitivos para cada dimensión. Luego el extensionista dividió al grupo de productores en subgrupos de máximo tres personas, se entregó el formato para la construcción de indicadores (Figura 1) y se explicó en qué consistía, aclarando que cada indicador tenía una escala



**Imagen 3.** Construcción colectiva, entre extensionistas y productores, de los indicadores de las dimensiones técnica, económica-empresarial, social, ambiental y familiar.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

tipo Likert de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo dentro de cada variable y 5 el nivel óptimo deseado.

**TIPO DE INDICADOR:**

Técnico  Económico-empresarial  Social  Ambiental  Familiar

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5

**Figura 1.** Formato para construcción de descriptores de los indicadores en cada dimensión.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

Para la definición de los descriptores un representante de cada grupo socializó las escalas construidas y en plenaria se aprobó la propuesta o se hicieron las modificaciones correspondientes. Este ejercicio se realizó para cada indicador y se finalizó la actividad registrando los indicadores y sus descriptores en una matriz de indicadores por dimensión.

La formulación y aplicación de estas encuestas en los predios se realizó con el apoyo de los profesionales de campo. La caracterización de la dimensión técnica se complementó con la toma de muestras de suelo, la caracterización de la dimensión social y familiar se hizo con la técnica de observación directa, sistematizada en un diario de campo, según lo recomendado por Rekalde, Vizcarra y Macazaga (2014), y con una entrevista semiestructurada en la que se determinaron como categorías la autopercepción, la participación y la relación con el otro, como lo indicaron Hammer y Wildavsky (1990).

### Creación de la línea base de los LT-cacao

El análisis de la caracterización permitió la identificación de la situación de los productores y sus familias en el momento previo a la realización del LT, esto, con el fin de realizar una comparación durante y después del acompañamiento a los productores. Este análisis arrojó una línea base como mecanismo para: i) determinar los niveles iniciales o de referencia de los indicadores planteados en el diseño del cuestionario, ii) recopilar y analizar la información para aplicar los cambios necesarios en las actividades por realizar, iii) identificar las necesidades de los sujetos y la comunidad y iv) instruir a las personas que diseñan, implementan y hacen seguimiento (Sánchez, 2016).

Los resultados de las encuestas de caracterización de cada dimensión se emplearon para calcular el índice de innovación agropecuaria (IIA),



según lo descrito por Barrios, Restrepo-Escobar y Cerón-Muñoz (2019). Este índice generó el IIA en la línea base y permitirá evaluar la adopción de innovaciones en la línea de tiempo (durante o posterior a la ejecución). La fórmula que se utiliza para el cálculo es la siguiente:

$$IIA = \sum_{j=1}^5 \left( \sum_{i=1}^4 qv_i \right) p_j$$

Donde:

**IIA:** índice de innovación agropecuaria

**i:** número de indicadores por dimensión (4)

**j:** número de dimensiones (5: técnica, empresarial, social, ambiental y familiar)

**v<sub>i</sub>:** calificación de 1 a 5 para cada indicador i

**p:** ponderación otorgada a la j-ésima dimensión (asumimos p=1, para generar un máximo de 20 puntos por dimensión)

**q:** ponderación otorgada al i-ésimo indicador (asumimos q=1)

Los resultados obtenidos se clasificaron según los rangos definidos en estudios previos de índices relacionados con el sistema productivo objeto de intervención. En el caso de los LT-cacao se usó la calificación propuesta por Torres y Rodríguez (2015), donde una puntuación menor o igual que 10 recibe el concepto de muy bajo, de 11 a 25 de bajo, de 26 a 50 aceptable, entre 51 a 90 de normal y mayor o igual que 90 de alto.

Los registros de los diarios de campo y los audios de las entrevistas semiestructuradas se analizaron con un ejercicio de lectura y escucha de cada reporte, usando como herramienta el programa ATLAS.Ti desarrollado por Mhur (1991). Con esta actividad se establecieron códigos o

etiquetas sobre los hallazgos, generando categorías de análisis que se relacionan entre sí para comprender las dinámicas productivas, sociales y familiares de los productores y sus familias. Como producto de este análisis se obtuvo un informe cualitativo para la línea base de los LT-cacao, la cual será contrastada con los resultados al finalizar el proyecto para medir el impacto del proceso de acompañamiento a familias, capacitación y adopción de tecnologías. Esto, mediante el cambio percibido y la evaluación del retorno social por la inversión bajo el principio de monetización, que consiste en asignar *proxies* financieros a los cambios identificados y generar un índice de la relación entre el cambio monetizado y la inversión realizada; para ello se propone utilizar la metodología propuesta por Nicholls et al. (2012), denominada metodología del retorno social de la inversión (SROI).

## 2.3 Acompañamiento personalizado

Las actividades realizadas por los LT se encuentran enmarcadas en un modelo antropogógico que contempla la creencia, la instrucción y la educación constante del hombre en cualquiera de sus etapas de vida natural o social (Adam, 1977). En el caso particular de los LT, se busca involucrar a todos los miembros del hogar en el proceso de extensión. Adicionalmente, el modelo de los LT toma elementos de la corriente pedagógica activa, la cual tiene como principios la educación práctica, participativa, colaborativa, activa y democrática e incorpora las teorías de la *educación popular*, el *constructivismo*, el *aprendizaje dialógico* y *significativo* y la *creatividad* y el *pensamiento crítico* (Ortiz, 2013).

### Construcción del plan de acompañamiento

A partir de lo anterior, el desarrollo del acompañamiento personalizado se inició con la construcción participativa del plan de acompañamiento



que se diseñó durante la primera visita al predio. Mediante el diálogo y la concertación de metas para cada indicador se definieron las actividades que se desarrollaron en cada familia para mejorar cada uno de los indicadores identificados colectivamente durante la caracterización. La estructura para el diseño del plan de acompañamiento contiene la situación inicial del indicador, un cronograma de actividades, seguimientos y la meta, entendida como situación deseada (Figura 2).

PLAN DE MEJORAMIENTO DIMENSIÓN																		
No.	Indicador	Situación inicial		Plan de acompañamiento										Situación deseada				
		No.	Descripción	Actividades	Metodología	Meses						Seguimiento			No.	Descripción		
						1	2	3	4	5	6	fecha	Resultado	Observaciones				

**Figura 2.** Estructura del plan de acompañamiento de los Laboratorios Territoriales.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

Las actividades diseñadas para cada dimensión fueron organizadas en etapas, según lo expuesto en el ciclo del aprendizaje señalado por Kolb (1984) (Figura 3). El ciclo de Kolb está conformado por cuatro acciones:

- **Experiencia:** toma como inicio de los procesos de aprendizaje las experiencias personales y el significado subjetivo de los conceptos. En esta etapa los LT-cacao partieron de la experiencia de las familias como cultivadores ancestrales.
- **Reflexión inicial:** consiste en la generación de conocimiento a partir de experiencias particulares. Se interiorizan reflexiones sobre el ser humano y su entorno, con lo cual se propicia el autoconocimiento,

se reconocen los saberes previos, se observa y se razona sobre la experiencia y se reflexiona sobre la conexión entre lo que se hizo y las consecuencias de las acciones (Alonso, 2012).

- **Conceptualización:** transmisión de nuevos conceptos. Los conceptos que se incorporan al aprendizaje de las familias están relacionados con el currículo establecido en el plan de acompañamiento.
- **Experimentación activa:** realizar acciones prácticas que facilitan la apropiación de conocimiento. En el LT-cacao se realizaron prácticas de campo o actividades didácticas con los temas tratados durante la visita de acompañamiento.



Figura 3. Ciclo del aprendizaje aplicado al diseño de las actividades de los LT.  
Fuente: adaptado de Kolb (1984)

En los LT se ha diseñado y agrupado una caja de herramientas participativas para cada una de las dimensiones. En el caso de la experiencia se valora el saber campesino y es el insumo para la construcción del plan de acompañamiento.



## Ejecución del plan de acompañamiento

Las actividades que se desarrollaron en el plan de acompañamiento estaban fuertemente influenciadas por el rol del extensionista en el proceso de apropiación, ya que este actúa como el promotor de una educación en la que las familias descubren, a partir del saber previo y del desarrollo de actividades prácticas, cuáles son las estrategias más apropiadas para que adopten en su predio (Freire, 2004). Otro aspecto importante es la evolución que se produce en cada visita personalizada, pues en la medida en que se fortalecen las relaciones interpersonales, se hace posible el establecimiento de relaciones entre las vivencias y realidades y las actividades que se tienen contempladas en el plan de acompañamiento. De esta manera, se genera la practicidad real del modelo, alineando los problemas de la vida cotidiana (técnicos, sociales, ambientales, empresariales y familiares) con el currículo establecido.

## Establecimiento de parcelas demostrativas

En un LT la parcela demostrativa constituye el espacio donde confluyen y se reflejan todas las actividades que se desarrollan en el plan de acompañamiento. El establecimiento de la parcela de los LT-cacao se realizó siguiendo las recomendaciones técnicas para el cultivo, las cuales podrán ser adoptadas en la totalidad del sistema productivo. Las parcelas demostrativas fueron establecidas con cultivos transitorios de plátano y cultivos permanentes de abarco y aguacate de las variedades Lorena y Papelillo. El patronaje fue Iquitos Mixed Calabacillo (IMC 67) y Caucasia 39; los injertos de los clones: Fedecacao San Vicente 41 (FSV-41), Fedecacao Arauquita 5 (FEAR-5), Fedecacao Saravena 13 (FSA-13), Granja Luker 40 (Luker-40), Imperial College Selection 1 (ICS-1), Colección Castro Naranjal (CCN-51) y el clon Compañía Nacional de Chocolates -13 (CNCH-13). El material vegetal de cultivo transitorio y permanente, el patrona-



je y las variedades clonales fueron concertadas con los productores y orientadas al incremento de la productividad y la mejora en la calidad del grano.

## Redes de Intercambio de Conocimientos Agropecuaria - RICA

Entre 7 y 11 familias de los LT-cacao conformaron Redes de Intercambio de Conocimientos entre Agricultores (RICA), las cuales buscan mejorar, mediante un análisis crítico, analítico y colectivo, el relacionamiento y el intercambio de conocimientos entre las familias para resolver los problemas que se presentan en sus sistemas de producción, en el mercado o en su comunidad. La metodología RICA se estructuró a partir del diálogo de saberes entre productores, reconociendo sus conocimientos, experiencias y dificultades. Cuando se presentan dificultades se buscan soluciones colectivas a través del apoyo recíproco entre los integrantes de cada red.

Una red se sustenta en el aprendizaje constructivo, participativo y crítico. En este proceso de aprendizaje colectivo y reflexivo, las personas describen sus sistemas productivos para tener mayores elementos para tomar decisiones conscientes y organizadas en la búsqueda de alternativas de solución a sus problemas. El intercambio de conocimientos permite que el proceso de aprendizaje no se limite a procesos técnico-económicos, sino que busca potencializar el desarrollo de capacidades y habilidades en los productores por medio del diálogo entre pares.

Beltrán y Castellanos (2003) definen las redes de conocimiento como las interacciones humanas formales o informales en las que las personas, mediante el diálogo, comparten sus conocimientos para alcanzar intereses individuales o colectivos, además de promover el desarrollo de la comunidad que habitan y así generar soluciones a problemáticas del contexto.



## Adecuación del modelo antropogógico de los LT-cacao para el desarrollo de actividades en época de pandemia

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la capacidad de las familias y los extensionistas de adaptarse a ellas han sido determinantes para la continuidad de las actividades de los LT-cacao en época de pandemia. Las TIC posibilitan la divulgación y el diálogo de saberes, gracias a lo cual fue posible alcanzar las metas propuestas y la sostenibilidad del sistema productivo ante la situación sanitaria ocasionada por el COVID-19.

Los LT-cacao han implementado diferentes estrategias virtuales para llevar a cabo la comunicación con los productores. Así, se han desarrollado herramientas creativas que le permiten al productor motivarse y continuar con las actividades establecidas. Las herramientas virtuales utilizadas por los LT son:

- **Llamadas telefónicas:** a través de las cuales se realizó una explicación de aspectos teóricos importantes para el sistema productivo, reconociendo sus saberes previos y, a su vez, señalando los compromisos a realizar en los predios junto a sus familias.
- **Micro videos:** los extensionistas diseñaron videos cortos con la información clave y resumida de los temas a tratar en las llamadas telefónicas. Estos lograron reforzar las ideas presentadas y las actividades prácticas realizadas de forma autónoma. En esta estrategia se utilizaron diferentes tipos de video (infográficos, explicativos o clase asincrónica, musicales, experienciales, entre otros) que fueron compartidos a través de WhatsApp.
- **Mensajes de texto:** estos permitieron interactuar con productores que no poseen acceso a Internet, en ellos se reforzaron los conceptos que se trabajaron durante la llamada telefónica y se propusieron retos comunitarios o familiares.

## 2.4 Capacitaciones

Para asegurar un aumento en el número de personas intervenidas a futuro, se contempla realizar una capacitación para productores orientada a la construcción colectiva de conocimiento, el fortalecimiento de los modelos asociativos, el desarrollo de capacidades individuales y colectivas y la mejora de los sistemas productivos. Esta estrategia pone en práctica las habilidades para la comunicación y el liderazgo que han sido formadas desde el acompañamiento personalizado para la transmisión de saberes en diferentes temáticas relevantes, según la perspectiva de las familias rurales. Esta iniciativa virtual se desarrollará con la entrega de tablets a los productores para que las usen por 20 días. Los materiales pedagógicos que encontrarán en las tablets están distribuidos así:

- **Estrategia “aprender haciendo”:** se realizará con el apoyo de videos experienciales, infográficos, musicales y clases. Estas actividades estarán complementadas con acompañamientos telefónicos personalizados o presenciales, realizados por profesionales de las áreas agrícolas, sociales y empresariales. Adicionalmente se entrega una cartilla impresa que contiene conceptos y actividades que se realizan de forma autónoma siguiendo las orientaciones de los profesionales.
- **Estrategia “campesino a campesino”:** se desarrollará con videos realizados por productores de los municipios de Caucasia y Necoclí que cuentan con parcelas demostrativas. En estos videos los productores presentan sus experiencias en los LT; posteriormente, profesionales de las áreas agrícolas, sociales y empresariales realizarán acompañamiento telefónico o presencial.
- **Estrategia de reconocimiento de experiencias exitosas con giras técnicas:** se utilizarán videos interactivos de 360° en tres temas



(asociatividad, beneficio y comercialización), acompañados de asesoría telefónica o presencial por parte del equipo de profesionales.

### 3. Resultados

Durante los dos años de ejecución de los LT-cacao se han desarrollado actividades de selección de familias, montaje de parcelas demostrativas, acompañamiento técnico, social y económico a 42 familias cacaoteras, capacitaciones, montaje de redes de conocimiento y preparación del modelo antropogógico como base fundamental de la estructura y consolidación de los LT en el quehacer de la Universidad de Antioquia. A continuación, se describen las actividades anteriormente mencionadas.

#### 3.1 Selección de familias

El proceso de selección de familias se realizó con siete asociaciones de los municipios de Caucasia y Necoclí. La encuesta de preselección se aplicó a 61 familias, de las cuales fueron seleccionadas las 42 con las que los LT-cacao trabajan actualmente. En promedio, para el municipio de Necoclí el puntaje de selección fue de 3,61 y para Caucasia de 3,49 en una escala de 1 a 5. A la fecha ninguna de las familias ha desistido del proceso a pesar de la emergencia sanitaria. Adicionalmente, el equipo de profesionales es residente de cada uno de los municipios, con lo cual se logró tener un reconocimiento previo de la zona y de las necesidades existentes dentro del municipio relacionadas con el sistema productivo.

#### 3.2 Caracterización de predios y familias

La identificación participativa de indicadores permitió establecer los indicadores de innovación, como se indica en la Tabla 1. Se debe señalar que la entrevista semiestructurada permitió identificar aspectos socia-

les y familiares que no pueden ser resueltos con preguntas cerradas y que expresan los significados que le da la familia a los indicadores de las dimensiones social y familiar.

**Tabla 1.** Indicador de innovación agropecuaria en sistemas de producción de cacao en los municipios de Caucasia y Necoclí

Dimensión	Indicadores	Caucasia	Necoclí
Técnica	1. Plan de fertilización y análisis de suelos	1,1 ± 0,2	1 ± 0
	2. Productividad	1,6 ± 1,0	2,0 ± 1,1
	3. Buenas prácticas agrícolas	1,0 ± 0	1,0 ± 0
	4. Labores culturales	1,8 ± 0,5	2,0 ± 0,5
Ambiental	1. Manejo de residuos sólidos y líquidos	2,0 ± 0,8	2,4 ± 0,6
	2. Aprovechamiento de residuos orgánicos	2,2 ± 0,7	1,8 ± 0,9
	3. Prácticas de conservación de suelos	1,7 ± 0,9	2,3 ± 0,6
	4. Protección de fuentes de agua	2,0 ± 0	2,2 ± 0,5
Empresarial	1. Tecnología de gestión de la información	1,1 ± 0,3	1,3 ± 0,8
	2. Rentabilidad	1,1 ± 0,3	2,0 ± 0,0
	3. Utilidad	1,1 ± 0,2	1,0 ± 0
	4. Diversidad de ingresos	1,1 ± 0,2	2,0 ± 0
Social	1. Trabajo comunitario	1,3 ± 0,5	1,9 ± 0,7
	2. Redes de conocimiento	2,0 ± 0	2,0 ± 0
	3. Liderazgo	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	4. Crecimiento personal	2,0 ± 0	2,2 ± 0,4
Familiar	1. Relevo generacional	1,1 ± 0,3	1,0 ± 0,2
	2. Articulación familiar con el predio	1,5 ± 0,5	1,5 ± 1,1
	3. Participación familiar en la toma de decisiones	1,4 ± 0,5	1,8 ± 0,9
	4. Comunicación y relaciones interpersonales	2,0 ± 0	2,0 ± 0

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT.



Los valores de los indicadores de plan de fertilización, buenas prácticas agrícolas, tecnología de gestión de la información, rentabilidad, utilidad y relevo generacional fueron bajos según la escala de Torres y Rodríguez (2015), por lo que estos aspectos demandaron mayor dedicación en el plan de acompañamiento. En general, todas las dimensiones presentaron bajos índices, situación que hizo evidente que una buena intervención del LT-cacao generará un impacto considerable en el tiempo.

### 3.3 Creación de la línea base

Caucasia tuvo un IIA de  $30,8 \pm 6,7$  y Necoclí de  $34,6 \pm 9,5$ , valores aceptables según la escala propuesta por Torres y Rodríguez (2015), para quienes deben estar entre 26 y 50. Sin embargo, es posible decir que son aceptables, tendiendo a bajos. La clasificación de las familias fue de cuatro tipos: familia monoparental, familia unipersonal, familia compuesta y familia nuclear.

### 3.4 Acompañamiento personalizado

Con la información obtenida en la caracterización y en el posterior análisis con el productor, se definieron las actividades que se realizaron en el plan de acompañamiento, entre las cuales se encuentran: cartografía social para la construcción de mapas de relaciones comunitarias y percepción de recursos humanos, económicos y ambientales; autodescripción del ser para la definición de sus sueños y metas; juegos que integran a la familia y que mediante el goce encaminan los aprendizajes; talleres de sensibilización y reflexión, reconociendo los saberes previos para así incorporar nuevos conceptos que tienen un uso práctico dentro de la familia y el sistema productivo, y diseño de planes de vida familiar mediante la construcción conjunta de representaciones gráficas (dibujos, matrices, figuras, carteleras, etc.) usando materiales diversos para generar la apropiación de conceptos (Imagen 4).



**Imagen 4.** Acompañamientos personalizados a familias de los LT-cacao antes de la emergencia sanitaria.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

Si bien durante el aislamiento obligatorio el acompañamiento personalizado a las familias se continuó de forma virtual con las estrategias mencionadas anteriormente (microvideos, mensajes de texto, video clases y acompañamiento telefónico), en la actualidad se desarrollan actividades presenciales siguiendo un protocolo de bioseguridad construido por los LT para visitas de acompañamiento junto con materiales pedagógicos virtuales que continúan fomentando el uso de las TIC en las familias (Imagen 5).



**Imagen 5.** Acompañamientos personalizados virtuales y presenciales durante la emergencia sanitaria.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

## Establecimiento de parcelas demostrativas

El establecimiento de las parcelas demostrativas se realizó en época de aislamiento obligatorio. Este proceso reflejó los avances en trabajo comunitario para la distribución de insumos y plántulas, trazados de



cultivo, siembra y fertilización. En esta etapa, los productores que habían sido reconocidos como líderes técnicos en la selección mediante el análisis de redes fueron el pilar para la resolución de dudas en campo. Igualmente, el uso de las TIC facilitó el acompañamiento a las familias de forma remota mediante llamadas telefónicas y clases por microvideos que se enviaban por WhatsApp (Imagen 6).



**Imagen 6.** Acompañamiento virtual y establecimiento de parcelas demostrativas de los LT-cacao.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

## Redes de intercambio de conocimientos Agropecuaria - RICA

Se crearon cuatro grupos de RICA, dos en el municipio de Caucasia y dos en el municipio de Necoclí. A la fecha se han realizado cinco RICA en los temas de: qué es una RICA, trabajo comunitario y comunicación asertiva, trazado y estaquillado en el cultivo de cacao, manejo eficiente del dinero en la agroempresa y toma de decisiones. Los dos primeros encuentros se realizaron de forma presencial, pero dada la contingencia sanitaria los siguientes encuentros se desarrollaron virtualmente mediante la creación de grupos de WhatsApp donde los productores comparten videos y audios con las experiencias relacionadas con el tema propuesto para la red (Imagen 7).

El acompañamiento personalizado ha generado un cambio de percepción sobre el sistema productivo en cuanto a las labores culturales, el





**Imagen 7.** Evidencias de la metodología para la conformación de RICA en los municipios de Caucaasia y Necoclí.

**Fuente:** Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

uso de registros y de datos para la toma de decisiones y la articulación que tienen la familia y la comunidad en las actividades del predio. Hubo un incremento en los indicadores después de dos años de ejecución del LT-cacao (Tabla 2).

**Tabla 2.** Indicadores de innovación agropecuaria después de dos años de ejecución de los LT-cacao

Dimensión	Indicadores	Caucaasia	Necoclí
Técnica	1. Plan de fertilización y análisis de suelos	3,4 ± 0,9	3,8 ± 0,4
	2. Productividad	1,9 ± 1,3	3,0 ± 1,4
	3. Buenas prácticas agrícolas		2,8 ± 0,4
	4. Labores culturales	3,8 ± 0,4	3,8 ± 0,4
Empresarial	1. Tecnología de gestión de la información	2,5 ± 1,0	3,4 ± 0,7
	2. Rentabilidad	3,2 ± 0,4	4,8 ± 0,6
Social	1. Trabajo comunitario	3,6 ± 0,5	4,0 ± 1,0
	2. Redes de conocimiento	4,0 ± 0,0	4,8 ± 0,7
	3. Crecimiento personal	3,6 ± 0,5	
Familiar	1. Relevo generacional	4,5 ± 0,6	2,7 ± 0,6
	2. Comunicación y relaciones interpersonales	3,0 ± 0,0	3,0 ± 0,9

**Fuente:** Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT



### 3.5 Capacitaciones

Las capacitaciones grupales se están realizando a través de la estrategia virtual asincrónica y sincrónica utilizando las tablets con los diferentes tipos de videos y la cartilla desarrollada por los LT. Se ha evidenciado que esta estrategia es una opción viable, práctica y útil para la capacitación a productores, sin tener que recurrir a los desplazamientos. De esta manera, el productor revisa los videos en su casa y define el tiempo y espacio más adecuado para realizar la actividad. Por otra parte, existen productores a los que se les dificulta el uso de la tablet, bien sea por cuestiones de salud o de analfabetismo tecnológico, lo cual incide directamente en el desarrollo autónomo de esta actividad; para este grupo de personas se establecieron encuentros semanales en los que se han advertido avances en el manejo de los equipos, propiciando la aceptación de estos elementos como una estrategia novedosa para futuras capacitaciones (Imagen 8).



**Imagen 8.** Tipos de videos (parte superior de izquierda a derecha: musicales, infográficos, 360 grados y experienciales) y capacitación a productores a través de tablets con materiales pedagógicos elaborados por los LT-cacao.

Fuente: Laboratorios Territoriales, proyecto CEDAIT

## 4. Discusión

En Colombia la extensión rural ha evolucionado del enfoque lineal, donde la transmisión de conocimientos era en una sola vía y el productor era considerado un receptor de las tecnologías, a un enfoque interactivo, direccionado al cambio técnico que incluye la participación del productor, hasta llegar al enfoque reflexivo. Este último toma como base la investigación acción participativa e incorpora los enfoques social y ambiental (Landini, 2016); de allí surgen estrategias como los Laboratorios Territoriales.

Los Laboratorios Territoriales son programas implementados a lo largo de todo el territorio nacional con el propósito es desarrollar planes de acción y acompañamiento que mejoren la calidad de vida de los campesinos en los ámbitos rurales, tecnológicos, familiares, sociales y ambientales. Una propuesta bajo el mismo concepto es el Laboratorio de Innovación Ambiental Territorial para la Paz (INNO-LAB), el cual realizó un plan de mejoramiento para responder a los desafíos que presentan las comunidades en la ciudad de Montería en términos de sus proyectos agroecológicos y ambientales. Allí, junto a organizaciones territoriales, se implementaron módulos de aprendizaje que, mediante el diálogo y la experiencia de los participantes, permitieron identificar las fortalezas y debilidades de la comunidad, generando módulos de ética, gobernanza, derecho ambiental, nuevas economías y biodiversidad. Por medio de estrategias como la participación activa, lluvia de ideas y diversos prototipos, los profesionales y productores buscaron dar solución a las debilidades y problemáticas de la comunidad.

Al finalizar, las propuestas y las motivaciones de los participantes fueron diferentes. Los participantes pueden ejecutar las propuestas en sus territorios con la ayuda de distintas entidades gubernamentales (RED-



PRODEPAZ, 2018). Esto es similar a lo que ocurre en el desarrollo de los LT-cacao, en los que se fomenta la participación grupal para identificar las problemáticas y plantear soluciones, generando motivación y apropiación de los procesos para el desarrollo de las actividades por parte de las familias.

Uno de los aspectos particulares en la implementación de los LT-cacao estuvo relacionado con el mejoramiento de algunos aspectos de la calidad de vida de las familias campesinas (ver Tabla 2), lo cual confirma la importancia de la implementación de este tipo de estrategias en las regiones. Esto también se ha logrado en otros departamentos del país; en Nariño, por ejemplo, mediante la implementación del laboratorio territorial (Labter), el cual se realizó con aproximadamente 50 campesinos mediante el convenio 204 de 2015 entre Prosperidad Social y el Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (Rimisp). Su objetivo era valorizar el patrimonio agroalimentario y la seguridad alimentaria y nutricional de los habitantes. Allí, campesinos, ONG, profesionales y productores realizaron conjuntamente recorridos y diálogos sobre la importancia de cuidar y proteger el patrimonio agroalimentario que les pertenece e identificaron diferentes rutas de acción que permitieron el mejoramiento del territorio desde un ámbito agroecológico, cultural y gastronómico. El eje principal fue la protección de la identidad del territorio participante (Rimisp, 2015).

El Rimisp ha participado activamente en la realización de LT en varios países del continente, con lo cual ha generado impactos positivos en las poblaciones participantes. Para el acercamiento y participación de las diferentes comunidades y profesionales se utilizaron distintas herramientas como procesos participativos articulados con entidades públicas y privadas –que permiten la realización de proyectos y mejoras–, teniendo en

cuenta a la comunidad como actor principal. También se implementaron rutas de aprendizaje para los participantes con el fin de formar y capacitar, conectar y compartir con diferentes personas de las zonas del proyecto, introducir métodos de enseñanza que sean de fácil aceptación y brindar reconocimiento y participación activa a las poblaciones vinculadas teniendo en cuenta su conocimiento local (Porrás, 2011).

Una de las herramientas usadas en los LT-cacao fue la lluvia de ideas. Se aplicó durante la construcción de indicadores como parte de las actividades participativas con la comunidad que da cuenta de la importancia del conocimiento local de los actores en el proceso. En varios países latinoamericanos, incluyendo algunas zonas de Colombia, la implementación de los LT del Rimisp ha generado impactos positivos en las poblaciones participantes, ya que en estos también permitieron el acercamiento y participación de las diferentes comunidades y profesionales. Se han utilizado herramientas, como procesos participativos articulados con entidades públicas y privadas, para la realización de los proyectos y las mejoras, teniendo en cuenta a la comunidad como actor principal y las rutas de aprendizaje con el fin de formar y capacitar, introducir métodos de enseñanza de fácil aceptación y brindar reconocimiento y participación activa a las poblaciones partiendo de su conocimiento local (Porrás, 2011).

Los LT desarrollados por Redpaz y Rimisp consideran la realización de actividades grupales durante dos días con el fin de cocrear soluciones con las comunidades para las problemáticas ambientales y agroalimentarias. Este elemento coincide con la manera en la que se inician las actividades de los LT-cacao, pues se acompaña la ejecución del plan con asistencia integral brindada por profesionales de las áreas técnica, social y empresarial. Por otra parte, los LT-cacao se orientan al acompañamiento a familias y al mejoramiento de la calidad de vida, entendiendo que la



base en un proceso de desarrollo son las relaciones que inician en la familia y que posteriormente generan un efecto en el sistema productivo y en la comunidad. Adicionalmente, los LT coinciden con los compromisos de extensión con proyección social que tienen las universidades dentro de su proceso misional; esto permite que la acción de los investigadores contribuya a la mejora en la calidad de vida de las familias campesinas.

En relación con los valores reportados en el IIA en los LT-cacao, se encuentra que los porcentajes de adopción en las prácticas de manejo del cultivo y de labores culturales son de 42,8% y los de tecnología de gestión de la información son de 13,04% (Pérez Guel et al., 2016). Estos valores fueron superados con la implementación de los LT-cacao. Se presenta que la adopción en el uso de materiales vegetales certificados está en alrededor del 6,7% y, aunque este no es un indicador concertado con las familias, mediante el establecimiento de las parcelas demostrativas se ha logrado incentivar el uso de materiales enfocados en el aumento de la productividad o para mejorar calidad del grano en sabor y aroma.

## 5. Conclusiones

La aplicación de un modelo de intervención personalizado e integral en las cinco dimensiones mencionadas anteriormente hace que los LT se alejen del enfoque individualista y productivista, el cual se concentra en cambios en el sistema productivo simplemente en términos técnicos y económicos, sin tener presente la diversidad de contextos e interacciones que se presentan en la espacialidad donde se ubican las familias a intervenir. Este modelo se configura entonces a partir de un aprendizaje permanente del ser en todas las etapas de su vida (antropogogía), así como en los enfoques constructivista y social basados en el diálogo de saberes entre familias y extensionistas, lo que se traduce en un fortale-

cimiento de la relación entre academia y sociedad al aplicar los conocimientos de la ciencia al cambio social de los territorios.

El enfoque social de los modelos reflexivos de extensión agropecuaria debe ser leído desde la relación que tiene el productor con su entorno familiar, así como desde las expectativas y metas personales, familiares y de su sistema productivo. Este análisis facilitará la identificación de las tecnologías apropiadas para transferir. El éxito del establecimiento de un Laboratorio Territorial depende del trabajo colectivo comunal de los extensionistas y las familias campesinas, de la concreción de actividades y el desarrollo de los planes de acompañamiento. La medición de impacto de una actividad de extensión puede realizarse mediante la construcción de la línea base de innovaciones y el análisis de sus cambios durante la ejecución del proyecto.

La virtualidad es un mecanismo posible en el sector rural si se logra la armonía entre las TIC, la motivación comunicativa y el modelo antropogónico. Esta virtualidad será importante en los nuevos procesos de capacitación y asistencia a productores, ya que se esperan mayores facilidades de acceso a las tecnologías de la información y la comunicación y mejor preparación de los extensionistas en estas herramientas.

## Referencias bibliográficas

- Adam, F. (1977). Algunos enfoques sobre andragogía. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Caracas, Venezuela
- Barrios, D., Restrepo-Escobar, F. y Cerón-Muñoz, M. (2019). Adopción tecnológica en agronegocios lecheros. *Livestock Research for Rural Development*, 31 artículo #116, Recuperado el 15 de febrero de 2021 de <http://www.lrrd.org/lrrd31/8/cero31116.html>.
- Beltrán, R., y Castellanos, S. (2003). Definición de un modelo de redes de conocimiento como soporte a la transferencia del conocimiento generado en clúster de investi-





- gación. *Gerencia Tecnológica Informática*, 2(2), 77-78. Recuperado el 12 de febrero de 2021 de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/282/493>
- Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP). (2015). Diversidad biocultural y territorios: Exitoso laboratorio territorial se desarrolló en Pasto- Nariño. Recuperado el 10 de febrero de 2021 de <http://rimisp.org/noticia/exitoso-laboratorio-territorial-se-desarrollo-en-pasto-narino/>
- Decreto 2566 de 2003. Por el cual se establecen las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior y se dictan otras disposiciones. Recuperado el 10 de febrero de 2021 de [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86425\\_Archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86425_Archivo_pdf.pdf)
- Freire, P. (2004). *Pedagogía de la autonomía*. Recuperado el 5 de febrero de 2021 de <https://www.buenosaires.gob.ar/areas/salud/dirca/mat/matbiblio/freire.pdf>
- Gelfius, F. (2009). 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. San José de Costa Rica. Recuperado el 15 de febrero de <http://repiica.iica.int/docs/b0850e/b0850e.pdf>
- Hammer, D. y Wildavsky, A. (1990). La entrevista semi-estructurada de final abierto. Aproximación a una guía operativa. *Historia Y Fuente Oral*, (4), 23-61. Recuperado el 6 de febrero de 2021 de <http://www.jstor.org/stable/27753290>
- Kolb, D. (1984). Experiential learning: experience as the source of learning and development. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de 2021 de [https://www.researchgate.net/profile/David\\_Kolb/publication/235701029\\_Experiential\\_Learning\\_Experience\\_As\\_The\\_Source\\_Of\\_Learning\\_And\\_Development/links/00b7d52aa908562f9f000000/Experiential-Learning-Experience-As-The-Source-Of-Learning-And-Development.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David_Kolb/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development/links/00b7d52aa908562f9f000000/Experiential-Learning-Experience-As-The-Source-Of-Learning-And-Development.pdf)
- Landini, F. (2016). Enfoques y Prácticas de Extensión Rural Públicas en el Noreste Argentino. *Revista de Economía y Sociología Rural*, 54(1), 167-186. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401009>
- Ley 1876 de 2017. Por medio de la cual se crea el sistema nacional de innovación agropecuaria. 29 diciembre de 2017. Diario Oficial 50.461. Recuperado el 7 de febrero de 2021 de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1876\\_2017.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1876_2017.html)
- Ley 30 de 1992. Por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. 28 diciembre de 1992. Diario Oficial 40.700. Recuperado el 8 de febrero de 2021 de [http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d\\_](http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_)



i=34632#:~:text=ART%C3%8DCULO%201.,su%20formaci%C3%B3n%20acad%C3%A9mica%20o%20profesional.

- Muhr, T. (1991). ATLAS/ti – A prototype for the support of text interpretation. *Qualitative Sociology*, 14, 349–371 Recuperado el 11 de febrero de 2021 de <https://doi.org/10.1007/BF00989645>
- Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E. y Goodspeed., T. (2012). A guide to Social Return on Investment. Recuperado el 12 de febrero de 2021 de <http://www.socialvalueuk.org/app/uploads/2016/03/The%20Guide%20to%20Social%20Return%20on%20Investment%202015.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). Revisión de la OCDE de las Políticas Agrícolas: Colombia 2015. Recuperado el 12 de febrero de 2021 de <https://www.oecd.org/colombia/Colombia-Revisión-OCDE-Políticas-Agrícolas-2015.pdf>
- Ortiz, A. (2013) Modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje. Ediciones de la U. <https://tallerdelaspalabrasblog.files.wordpress.com/2017/10/ortiz-ocac3b1a-modelos-pedagc3b3gicos-y-teorc3adas-del-aprendizaje.pdf>
- Pérez, O., Martínez, H., López, J., Rendón, R. (2016). Estimación de la adopción de innovaciones en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(15), 2909-2923. Recuperado el 26 de febrero de 2021 de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016001102909&lng=es&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001102909&lng=es&lng=es).
- Porras C. (Ed.) (2011). Valorizando nuestras riquezas bioculturales. Proyecto Desarrollo Territorial Rural con Identidad Cultural 2005- 2011, Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural [RIMISP], Recuperado el 15 de febrero de 2021 de [http://rimisp.org/wp-content/files\\_mf/1484066218Valorizando\\_nuestras\\_riquezas\\_bioculturales.pdf](http://rimisp.org/wp-content/files_mf/1484066218Valorizando_nuestras_riquezas_bioculturales.pdf)
- Red Nacional de Programas Regionales de Desarrollo y Paz [REDPRODEPAZ]. (2018). Laboratorio de innovación ambiental territorial para la paz (INNO-LAB). Recuperado el 9 de febrero de 2021 de <https://e3asesorias.com/wp-content/uploads/2019/07/Memorias-Innlolab-Monter%C3%ADa-2018.pdf>
- Rekalde, I., Vizcarra, M. y Macazaga, A. (2014). La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos. *Educación XX1*, 17 (1), 199-220. <http://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/10711/18777>



- Sánchez, B. (2001). Análisis contable de la rentabilidad empresarial. Un estudio empírico en la industria manufacturera española (tesis doctoral). Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Torres, N. y Rodríguez, D. (2015). Análisis de la adopción de tecnología mejorada para la producción de cacao en el municipio de Rionegro - Santander. Trabajo de grado para optar al título de Administrador de Empresas Agropecuarias. Universidad Santo Tomas Bucaramanga. Recuperado el 5 de febrero de 2021 de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/875>
- Verdejo, M. (2003). *Diagnóstico rural participativo: una guía práctica*. Editorial Centro Cultural Poveda. Santo Domingo, República Dominicana. Recuperado el 17 de febrero de 2021 de [http://www.psicosocial.net/historico/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=390-diagnostico-rural-participativo-una-guia-practica&category\\_slug=modelos-de-trabajo&Itemid=100225](http://www.psicosocial.net/historico/index.php?option=com_docman&view=download&alias=390-diagnostico-rural-participativo-una-guia-practica&category_slug=modelos-de-trabajo&Itemid=100225)





# Capítulo 4.

## Sistemas silvopastoriles: estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI

Liliana Mahecha-Ledesma

*Zoot., MSc, Dr. Agricultura y Medio Ambiente, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Medellín, Colombia. <http://orcid.org/0000-0003-3377-8399>*

Joaquín Angulo-Arizala

*Zoot, MSc, Dr. Ciencias Animales, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA), Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3352-8795>*

Jeraldyn Argüello-Rangel

*MVZ, MSc Ciencias Animales, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA), Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4311-0501>*

## Resumen

La ganadería bovina tiene una gran importancia para el desarrollo económico y social del país. No obstante, con el tiempo esta actividad productiva ha perdido credibilidad

y se enfrenta a grandes retos en el futuro cercano que deberá vencer para continuar aportando al desarrollo de las comunidades y del país. Entre los desafíos planteados se encuentran: mejorar la competitividad, innovar respondiendo a las exigencias del mercado y ser amigable con el ambiente. Durante más de 20 años, los autores de este trabajo, investigadores del grupo GRICA de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, han logrado avances importantes de investigación en sistemas silvopastoriles (SSP) que contribuyen a afrontar estos retos y a mejorar el desarrollo de las comunidades. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de los avances investigativos en SSP para trópico alto y trópico bajo en el establecimiento, manejo, producción y consumo de forraje, producción y calidad de leche, producción y calidad de carne, impacto ambiental, análisis económico y bienestar animal. Como metodología se utilizó una recopilación de los artículos y trabajos de investigación relacionados con SSP que fueron publicados por investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias y se procedió a comparar los resultados de las investigaciones y a discutir su relevancia e impacto a nivel productivo y formativo. Los resultados de investigación analizados permiten concluir que estos sistemas son una alternativa real de competitividad y sostenibilidad, incrementan la productividad por unidad de área y la eficiencia económica, disminuyen el impacto ambiental y diversifican la oferta de servicios a la comunidad.

**Palabras clave:** cambio climático, desarrollo rural, producción animal, sostenibilidad.

## 1. Introducción

La ganadería bovina colombiana tiene una gran importancia económica y social para el país y ha logrado grandes avances en términos productivos, biotecnológicos y de mejoramiento genético (Cano et al.,



2016; Correa-Orozco & Uribe-Velásquez, 2010) gracias al trabajo realizado en los últimos veinte años, el cual se ha orientado a generar investigación aplicada a las ciencias agrarias para atender a la necesidad de una producción bovina más competitiva, rentable y sostenible. Además, los avances han respondido a los programas del Estado, como el proyecto de ganadería colombiana sostenible, con el cual se han aunado esfuerzos para transformar la dinámica productiva hacia un modelo de producción sostenible (Mahecha & Angulo, 2012; Murgueitio, Uribe, et al., 2016 y Sarmiento, 2019).

Sin embargo, la ganadería bovina enfrenta todavía desafíos en el siglo XXI, entre los que se destacan: (i) los propios del sistema productivo, (ii) los medioambientales, (iii) los relacionados con los nuevos hábitos del consumidor y (iv) el de la formación del talento humano para la innovación y desarrollo de sistemas sostenibles de producción animal. Entre los desafíos propios del sistema se incluyen los aspectos por mejorar en el sistema productivo, como la tecnificación de los procesos, la diversidad de especies forrajeras integradas a las pasturas, el incremento de la carga animal por hectárea, el mejoramiento de los parámetros productivos para una competitividad y permanencia en el mercado nacional –así como para una mayor incursión en el mercado internacional–, el mejoramiento de las condiciones de bienestar animal en las pasturas, la adición de valor agregado a sus productos con identificación de origen, las prácticas enfocadas a la sostenibilidad del sistema conservando los recursos naturales, la contribución a la mitigación de la contaminación ambiental, entre otras (Angulo-Arizala & Mahecha-Ledesma, 2020; Mauricio et al., 2019; Tapasco et al., 2015).

Los desafíos medioambientales hacen referencia a la necesidad de la ganadería de buscar modelos de producción que le den resiliencia ante los

cambios drásticos en las precipitaciones, el incremento en la temperatura ambiental, las sequías prolongadas, las heladas y las inundaciones como consecuencia del cambio climático. En los sistemas tradicionales de manejo bovino estos cambios tienen una alta repercusión en la producción bovina, la rentabilidad y la competitividad (Tapasco et al., 2015).

Adicionalmente, la ganadería bovina también deberá enfrentar el reto de la contaminación ambiental, tanto por gases efecto invernadero (GEI) como por prácticas de manejo. Si bien la ganadería pastoril que predomina en Latinoamérica no tiene un efecto ambiental tan contaminante por gases efecto invernadero como la ganadería bovina confinada que predomina en otros países (DeClerck et al., 2020; Hall, 2013; Nepomuceno et al., 2017), hay que reconocer que igualmente es generadora de estos gases (Ku Vera et al., 2014); por lo tanto, se deberán buscar estrategias de mitigación en el sistema productivo. De igual forma, es imprescindible tecnificar las prácticas agronómicas y de manejo de pasturas (Murgueitio, Barahona, et al., 2016) para generar un uso sostenible de los recursos naturales (Navas, 2017; Parra-Cortés, Magaña-Magaña & Piñeiro-Vázquez, 2019).

Los desafíos asociados con los nuevos hábitos del consumidor se relacionan con las preferencias hacia sistemas que no afecten los recursos naturales, que fomenten el bienestar animal y que ofrezcan productos alimenticios con componentes benéficos para la salud humana. Estas exigencias han generado campañas en contra de la ganadería bovina y sus productos, con lo cual han perdido competitividad en el mercado y su perdurabilidad a largo plazo se ha visto afectada (Scollan et al., 2014). La simple presencia de grasa en la leche o en la carne ha sido relacionada con efectos perjudiciales en la salud (Angulo et al., 2013; Scollan



et al., 2017), por lo que se ha prohibido su consumo (Elsabaawy & Gad, 2021). Cabe resaltar que la prohibición no diferencia el perfil de ácidos grasos de la leche, el cual, acorde a su manejo nutricional, puede dar valor agregado al producto y prestar beneficios al consumidor (Angulo-Arizala et al., 2009; Angulo et al., 2013; Ferlay et al., 2017; Mahecha et al., 2009, 2010).

En cuanto al desafío de la formación del talento humano para la innovación y el desarrollo de sistemas sostenibles de producción animal, los esfuerzos deberán concentrarse en el fortalecimiento de la educación con enfoque sostenible. La producción agropecuaria está ligada a la población rural y, por consiguiente, a las dinámicas sociales, culturales y políticas de este entorno. El sector rural adolece de problemáticas históricas que han limitado la productividad y rentabilidad en un entorno en el que predominan los pequeños y medianos productores, los cuales tienen limitado acceso a educación de calidad, servicios públicos, infraestructura vial que una las áreas rurales con los centros poblados y acompañamiento técnico que les brinde las competencias para cambiar sus esquemas de producción y mejorar la competitividad del sector (Castaño-Reyes, Parrado-Barbosa & Molina-Ochoa, 2017; de la Ossa, Pérez-Cordero & Montes-Vergara, 2018; Echavarría et al., 2018). Una alternativa para enfrentar los desafíos mencionados es el manejo de la ganadería bovina en SSP, sistemas de producción que integran el uso de plantas forrajeras con gramíneas y leguminosas rastreras con arbustos y árboles destinados a la alimentación animal o a usos complementarios (Mahecha & Angulo, 2012). Los SSP tienen múltiples beneficios, como el aumento de la productividad, pues ofrecen una mayor cantidad de forraje con mejor calidad nutricional, producto de la diversificación de la dieta debido a la inclusión de arbustivas con alto valor proteico. De igual modo, contribuyen a la recuperación de los suelos al



favorecer el reciclaje de nutrientes, la actividad biológica de micro y macro fauna, el control de la erosión, el control de escorrentía, entre otras (Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2019; López et al., 2017; Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017c; Zepe-da et al., 2016).

El objetivo de este trabajo es analizar los avances investigativos que los autores han realizado en los últimos 20 años en relación con los SSP para trópico alto y trópico bajo, en el establecimiento, manejo, producción de forraje, consumo de forraje, producción y calidad de leche, producción y calidad de carne, impacto ambiental, análisis económico y bienestar animal, lo cual puede contribuir a que la ganadería supere los desafíos que le plantea el nuevo siglo.

## 2. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de artículos usando como palabras clave: botón de oro, sistemas silvopastoriles, producción animal, leucaena, bancos forrajeros y sistemas silvopastoriles intensivos. Posteriormente, se clasificaron los tipos de sistemas establecidos, especies utilizadas, metodología de establecimiento y análisis económicos realizados. Se recopiló esta información y se comparó para discutir los casos más relevantes. Se hizo distinción de tres categorías de estudios: 1) establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles con botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en trópico alto; 2) establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles con botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) en trópico bajo y 3) componente formativo involucrado en la investigación (se cuantificó el número de estudiantes, de acuerdo a su nivel de formación, que participó en las investigaciones a través de la metodología de aprender haciendo).



## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Establecimiento y manejo de sistema silvopastoriles con botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en trópico alto

Cuando se hace establecimiento de SSP con *T. diversifolia* usualmente se usan estacas entre 30-50 cm con un corte en bisel (Gallego, 2016; Mahecha-Ledesma et al., 2007) a una distancia entre surcos de 1 m y 0,5 entre plantas, para una alta densidad. El primer corte se hace a los 5 meses y posteriormente cada siete semanas, a una altura de 50 cm (Mahecha-Ledesma et al., 2007) (Figura 1). La siembra por estaca es el método de uso convencional, pero requiere de cuidados rigurosos para que el material no pierda su viabilidad –causada por daños por deshidratación–; además, el sistema radicular que se desarrolla a partir de la estaca no tiene una raíz principal fuerte, como sí sucede cuando se hace establecimiento a partir de material sexual (semilla) (Gallego, 2016; Gallego, Mahecha & Angulo, 2017a; Londoño, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2019).

En los últimos años se ha venido estudiando la germinación y el protocolo de siembra de semilla sexual (Gallego, 2016; Saavedra, 2016). Gallego (2016) evaluó la producción de biomasa y la composición bromatológica de plantas establecidas bajo tres métodos distintos: por estaca (Pes), semilla sexual con manejo *in vitro* (Piv) y semilla sexual con manejo por almácigos (Psx), con un corte de uniformización a los 4 meses post-establecimiento y cortes sucesivos a los 56 días de edad, a 30 cm de altura. Según el protocolo de siembra para semilla sexual, se requieren 5 kg/ha mezclados con gallinaza en una relación 10 kg:1 kg (gallinaza: semilla), con una siembra a menos de 2 cm de profun-



**Figura 1.** Sistema silvopastoril con botón de oro establecido por estaca.  
Fuente: Mahecha, L.

dididad tapada con una ligera capa de pasto seco (Figura 2). En el estudio de Gallego (2016) no se encontraron diferencias significativas en la composición nutricional y la producción de biomasa entre métodos de siembra, lo que validaría el uso de semilla sexual para siembra directa.



Mezcla  
Semilla: Gallinaza  
1:10  
Cantidad semilla/ha

**Figura 2.** Sistema silvopastoril con botón de oro establecido por semilla sexual  
Fuente: Mejía, E

## Establecimiento de SSP

Los monocultivos están desprovistos de un estrato arbóreo o arbustivo, por lo que en época de escasez de lluvias disminuye drásticamente la disponibilidad de pasto y se expone al suelo a altas temperaturas



(Guatusmal-Gelpud et al., 2020; Ramírez et al., 2017). Por ello, es importante diversificar la composición de la pradera con la incorporación de árboles y arbustos; se pueden usar diversos diseños silvopastoriles como los surcos sencillos, dobles o setos alrededor del potrero, con una distancia entre surcos sencillos de 0,5-1 m, siguiendo una dinámica de siembra continua en el surco (Figura 3). En la Hacienda La Montaña, de la Universidad de Antioquia (ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros, en Antioquia), se estableció un SSP de ramoneo en franjas con un diseño de surcos de *T. diversifolia*, a una distancia de 8 metros entre estos; los surcos estaban asociados a pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) y árboles de aliso (*Alnus acuminata*) a razón de 30 árboles/ha. Este sistema no recibió ningún tipo de fertilización química y orgánica post-establecimiento (Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017a).



**Figura 3.** Diseños de sistemas silvopastoriles intensivos

Fuente: Lopera, J., Archivo del Proyecto DairyCab, UdeA

Para la siembra directa en campo, Mejía et al. (2017a) usaron una relación 10:1, mezclando 1 kg de semilla de botón de oro con 10 kg de gallinaza; sembraron a una profundidad de entre 1 y 2 cm y taparon el surco ligeramente con tierra. Luego se procedió a cubrir con heno, paja o viruta para evitar el lavado por efecto de las lluvias y para proteger las semillas de las aves (Figura 4).



**Figura 4.** Establecimiento de SSP con botón de oro por semilla sexual

Fuente: Mejía, E.

## Manejo de SSP

Tras 3 o 4 meses del establecimiento, cuando las plantas alcanzan entre 1 y 1,2 m de altura, se realiza una poda de uniformización de la arbustiva. Para ello se hace un corte en bisel a una altura de entre 30 y 70 cm y se dejan 70 días de recuperación para el estrato arbustivo. El manejo de SSP se puede hacer en una rotación por franjas usando cinta eléctrica bajo el esquema cinta adelante-cinta atrás. Los periodos de ocupación de las franjas pueden ser de 1 día y, dado que los tiempos de descanso de la arbustiva (70 días) y la pastura (35 días) son diferentes, por cada dos rotaciones de la pastura se hace una de la arbustiva (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2019a; Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017a) (Figura 5). Por su parte, Londoño (2017) y Mahecha, Londoño & Angulo (2021) evaluaron el pastoreo de *T. diversifolia* a 40, 50 y 60 días y encontraron que cuando las condiciones climáticas son favorables, el botón de oro soporta pastoreos desde los 50 días sin afectar su productividad, aunque se ve favorecido con pastoreos iguales o mayores a 60 días. La ingesta de forraje en un SSP





con botón de oro provee suficiente alimento para garantizar el nivel de materia seca (MS) requerido, si se compara con un monocultivo (Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017a), aunque puede haber una gran variabilidad en la producción de MS por factores como la frecuencia de corte, época del año, manejo del cultivo y tipo de sistema –si está asociado a otras especies– (Gallego, 2016).



**Figura 5.** Manejo de SSP de botón de oro con cinta eléctrica  
Fuente: Cardona, L.

### Resultados hallados para las variables evaluadas en SSP

Se halló que un SSP de *T. diversifolia* con *C. clandestinus* puede ofrecer 156,1 kg de MS por franja, de los cuales 152,5 son pastura y 3,6 kg arbustiva. El consumo de *T. diversifolia* estuvo asociado a la cantidad ofertada, con una relación 95% pastura y 5% arbustiva, donde la eficiencia de ramoneo fue del 95% para la arbustiva, lo cual sugiere que una mayor oferta de esta podría aumentar su consumo. Con una mayor densidad de los arbustos en el SSP se podría obtener una mayor inclusión en la dieta; se encontraron valores de 73:27 (Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017a) (Figura 6). Así mismo, Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2019a) reportan valores máximos de

inclusión de 68,5:31,5 en SSP más desarrollados y con una mayor disponibilidad de forraje de la arbustiva.

El consumo total reportado por Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2017a) para animales pastoreando en este SSP con suplementación a base de un concentrado comercial fue de 20,7 kg MS/an/día, mientras que para este mismo SSP Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2019a) hallaron un consumo de 19,26 kg con diferencias significativas a favor del SSP comparado con el monocultivo de gramínea; sin embargo, es preciso recalcar que se hizo suplementación con grasas insaturadas. Por otro lado, estos autores hallaron diferencias significativas para la producción de leche, con 28,24 l/día; 0,89 kg grasa/día; 0,83 kg proteína/día; 3,06 kg sólidos totales/día y 1,27 kg de lactosa/día a favor del sistema silvopastoril.

Las vacas produjeron 3,35 l más que aquellas pastoreando en monocultivo de *C. clandestinus*, comportamiento que se relaciona con los consumos totales de MS, que fueron superiores para el SSP con respecto al monocultivo, y con el efecto adicional de haber incorporado suplementación lipídica. Los resultados de estos autores muestran el efecto positivo a nivel de la producción lechera en SSP y, por consiguiente, la pertinencia de este modelo para mejorar la rentabilidad de las producciones bovinas de leche (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2019a).

Adicionalmente, Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2017b) hallaron que el porcentaje de grasa láctea en este sistema silvopastoril fue superior con respecto a las vacas que pastorearon en el monocultivo debido al mayor consumo de carbohidratos estructurales, lo cual se evidencia en un consumo de FDN de 9,9 kg/an/día. El contenido dietario de fibra tiene incidencia en la proporción de grasa de la leche, puesto que los ácidos grasos de cadena corta y el 50% de los ácidos



**Figura 6.** Relación del consumo del botón de oro con respecto a lo ofertado  
Fuente: Mejía, E.

grasos de cadena media provienen de la síntesis de novo a partir de precursores como los ácidos grasos volátiles acético y butírico, los cuales se generan en la fermentación ruminal producto de la digestión de la fibra (Angulo-Arizala, Mahecha-Ledesma & Olivera., 2009).

Aunque en ambos grupos evaluados el NUL está por encima de lo recomendado, se hallaron diferencias con un valor de 20,3 para la leche proveniente de las vacas que pastorearon en el SSP, valor que es menor en comparación con la leche de las vacas en monocultivo (23,4) (Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017b). Esto resulta positivo pues sugiere una mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno, probablemente por la inclusión de botón de oro y su aporte en carbohidratos no estructurales (los cuales representan más energía disponible para la síntesis de proteína microbiana) (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2019a; Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017b).



Además de la evaluación de parámetros productivos, se investigó el efecto de la diversificación de la dieta con la inclusión de arbustivas y grasas poliinsaturadas sobre las emisiones de metano. En este sentido, se hizo un estudio de fermentación *in vitro* en el que se analizaron sustratos de *T. diversifolia*, *C. clandestinus* y alimento concentrado, adicionando diferentes niveles de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) para estimar la producción de metano, digestibilidad de la materia seca (DIVMS) y producción de ácidos grasos volátiles. Los resultados arrojaron que la inclusión de *T. diversifolia*, *C. clandestinus* y AGPI disminuyó la producción de metano (CH<sub>4</sub>) *in vitro*, con valores de 34,5 ml CH<sub>4</sub>/g MSd (24 horas) y 36,8 ml CH<sub>4</sub>/g MSd (48 horas) en sustratos con *T. diversifolia* con respecto a sustratos sin esta arbustiva, donde se hallaron valores a las 24 y 48 horas de 45,9 5 ml CH<sub>4</sub>/g MSd y 50,7 5 ml CH<sub>4</sub>/g MSd respectivamente.

De igual forma, se incrementó la DIVMS en un 13,4% y 7,7% más a las 24 y 48 horas respectivamente en sustratos con *T. diversifolia* (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017b). Al hacer la estimación de las emisiones de metano en los sistemas de pastoreo, comparando el SSP de *T. diversifolia* con el monocultivo de *C. clandestinus*, las vacas del monocultivo tuvieron menores valores CH<sub>4</sub> en g-CH<sub>4</sub> an/día, con un valor de 314 g-CH<sub>4</sub> an/día frente a 322 g-CH<sub>4</sub> an/día para el SSP. Sin embargo, al expresar el metano CH<sub>4</sub> en función de los litros de leche producida (g-CH<sub>4</sub> /L leche producida), hubo menos producción de CH<sub>4</sub> para las vacas del SSP (11,4 g-CH<sub>4</sub> /L) con relación a las del monocultivo (12,5 g-CH<sub>4</sub> /L); esto indica que los animales del SSP, suplementados con AGPI, por pueden tener una menor producción de CH<sub>4</sub> por unidad de producto obtenido, lo que indicaría la acción de los metabolitos secundarios de *T. diversifolia* y de los AGPI de la dieta en la disminución de la metanogénesis (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2016, 2019b).



Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2017a) reportan un balance de nitrógeno a favor de las vacas en el SSP comparado con el monocultivo de gramínea, el cual se relaciona con una menor excreción de nitrógeno al ambiente por orina y heces y una mayor retención de N en el animal, la cual pudo potencializarse en la mayor productividad encontrada. En el botón de oro se han aislado más de 150 compuestos secundarios (Zhao et al., 2012) cuya proporción puede variar de acuerdo con las condiciones abióticas –lluvia y temperatura– en las que se desarrolle la planta, la fenología y la edad de utilización de la planta (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2016, 2017b).

Entre los compuestos hallados están las saponinas (triterpenoides) y taninos, a las que se les ha atribuido una posible capacidad de reducción de la producción de metano en el rumen (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2016, 2017b; Gallego, 2016) al generar un cambio en la biota ruminal que disminuye la población metanogénica (Vasta et al., 2019). Al respecto, Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2017) hallaron un valor de 1,4 g catequina/kg MS (taninos concentrados) y 4,53 g diosgenina/kg MS (saponinas) para muestras de *T. diversifolia*, cuya presencia podría tener un efecto benéfico en la reducción de la cantidad de metano cuando se incluye en la dieta de bovinos a través de esquemas como los SSP.

Respecto al análisis económico de los SSP, Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2017b) estimaron que en un SSP de botón de oro para producción de leche puede haber un incremento del 50% en los ingresos netos/ha/año con respecto al monocultivo. Esto fue asociado a menores costos de producción por litro en el SSP (655,78 COP o 0,24 USD) vs monocultivo (801,78 COP o 0,26 USD) y a una mayor producción por ha/año (32.449 l) con una carga de 4,6 UA. Los resultados fue-

ron proyectados con el uso de dos fertilizaciones por año, con lo cual se encontró también un menor costo de producción por litro en el SSP (692,43 COP o 0,25 USD). Esto hace que la producción de leche en el SSP sea más rentable: si bien la calidad composicional de la leche no varió entre sistemas y el costo de venta del litro de leche fue el mismo, la diferencia radicó en la reducción de los costos de producción. Los costos de producir un litro de leche en un monocultivo de *C. clandestinus* es superior al SSP, debido a que se requiere de fertilización nitrogenada a razón de 550 kg N/ha/año, que corresponde al 19% del costo del litro de leche producido, mientras que el SSP requeriría 105 kg N/ha/año.

El botón de oro se ha utilizado también en bancos forrajeros para posteriormente destinar el material a ensilaje o elaboración de harinas para suplementación (Mahecha-Ledesma et al., 2007; Ruíz et al., 2014). Gallego, Mahecha & Angulo (2017b) evaluaron la suplementación de vacas Holstein con harina de botón de oro, a una inclusión del 0%, 15% y 25%, y encontraron que la inclusión de un 25% en el suplemento favorece la concentración de lactosa (0% 4,46, 25% 4,63), la eficiencia en el uso del suplemento y la relación costo beneficio. Esto, pues se redujo el costo por kg de suplemento a medida que se incluyó el botón de oro como reemplazo de otras materias primas, con 725,35 COP (0,24 USD) para 1 kg de suplemento con el 25% de inclusión, frente a 816,95 COP (0,27 USD) cuando no se incluyó harina de botón de oro. Además del aspecto económico, se observó una mejor calidad higiénica de la leche, puesto que el recuento de células somáticas (RCS) disminuyó con la inclusión de la harina de botón de oro: con una inclusión del 25% de harina de botón de oro el RCS fue de 44,08 CS/ml, mientras que cuando no se incluyó en la dieta fue de 177,08 CS/ml.

Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2019a) también encontraron una disminución de RCS de la leche de vacas manejadas en



SSP vs monocultivo (67,26 CS/ml vs 125,35 CS/ml respectivamente). La disminución de células somáticas con la inclusión de botón de oro en la dieta de las vacas ha sido asociada al efecto antiinflamatorio de los metabolitos secundarios presentes en esta planta, como los sesquiterpenos de lactona (Chagas et al., 2011). Estos resultados incentivaron el inicio de la exploración en los efectos del botón de oro en procesos relacionados con la mastitis bovina. Londoño et al. (2020) evaluaron la acción antimicrobiana del extracto alcohólico de hojas, tallos y flores de *Tithonia diversifolia* sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* en cultivo *in vitro*. En este estudio se evaluó el efecto inhibitorio en el crecimiento bacteriano con un ensayo de sensibilidad y se encontró que, a pesar de que el control positivo presentó un halo de inhibición superior a 30 mm, mayor al de los extractos de *T. diversifolia*, estos presentaron un halo de 9,7 y 10,4 mm para *S. aureus* y de 6,5 y 9,4 mm para *E. coli* en tallo-hoja y flores, respectivamente, lo cual destaca el efecto potencial del extracto alcohólico de flores para inhibir el crecimiento bacteriano.

## 3.2 Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles con botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) en trópico bajo

### Sistemas silvopastoriles con botón de oro

#### (*Tithonia diversifolia*)

#### Establecimiento de SSP

Se han desarrollado investigaciones en diversos departamentos del país, como Antioquia, Córdoba, Tolima y Valle del Cauca, para validar arreglos en pastoreo y en bancos forrajeros con especies capaces de adaptarse a diversas condiciones edáficas y climáticas, de especial rele-

vancia para zonas degradadas por las prácticas extensivas de la producción bovina. Se han evaluado variables productivas, como la ganancia de peso y el desarrollo; ambientales, como las emisiones de metano, y de bienestar animal, asociadas a la cobertura arbórea y su relación con la dinámica etológica de los bovinos (Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2020a; Barragán-Hernández, Mahecha-Ledesma & Cajas-Girón, 2015; Mahecha-Ledesma et al., 2012; Mahecha-Ledesma, Angulo-Arizala & Barragán-Hernández, 2017).

Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2020a) investigaron sobre el establecimiento de SSP para ramoneo con *T. diversifolia* en la Hacienda La Candelaria de la Universidad de Antioquia, Bajo Cauca, Antioquia. Allí se preparó un área de 1,3 ha con un SSP de baja densidad integrado por arbustos *T. diversifolia*, árboles para sombra y una asociación de pasto toledo (*Urochloa brizantha*) y pasto humidícola (*Urochloa humidicola*); se conservó la arborización presente y se establecieron árboles de totumo (*Crescentia cujete*) por semilla sexual y de matarratón (*Gliricidia sepium*) con estacas de 2,5 m de largo. Con respecto al diseño, se realizó el trazado del terreno subdividiendo el área en 16 franjas de 6 metros de ancho. En cada una se trazaron 2 surcos de *T. diversifolia* a una distancia de 5 m entre estos. Los árboles de *Crescentia cujete* se incluyeron en el trazado, a la mitad de los 2 surcos de botón de oro de cada franja. En cuanto a *G. sepium*, se trazaron a una distancia de 2 m en el perímetro del potrero (Figura 7). Para la siembra del botón de oro se usaron 7 kg de semilla sexual/ha, mezclando según protocolo de Gallego (2016). La siembra se hizo directamente en campo a menos de 2 cm de profundidad y se tapó con tierra y pasto seco.

La siembra de semilla sexual directamente en campo continúa en investigación para mejorar la germinación, debido a que se han encontrado



porcentajes de germinación del 25%, que, si bien no son deseables, son susceptibles de mejorar, como puede verse en el estudio controlado en placas de petri de Rodríguez et al. (2019), quienes encontraron una germinación cercana al 70%. Para el caso del totumo, se estableció un surco en la mitad de cada franja y se sembró la semilla junto con la pulpa a una profundidad menor a 2 cm y se tapó ligeramente con tierra. En cuanto al pasto, se sembró al voleo, a razón de 8 kg/ha, teniendo en cuenta que en las zonas susceptibles a encharcamiento (alto nivel freático) se conservara el pasto humidícola ya existente (Figura 8).

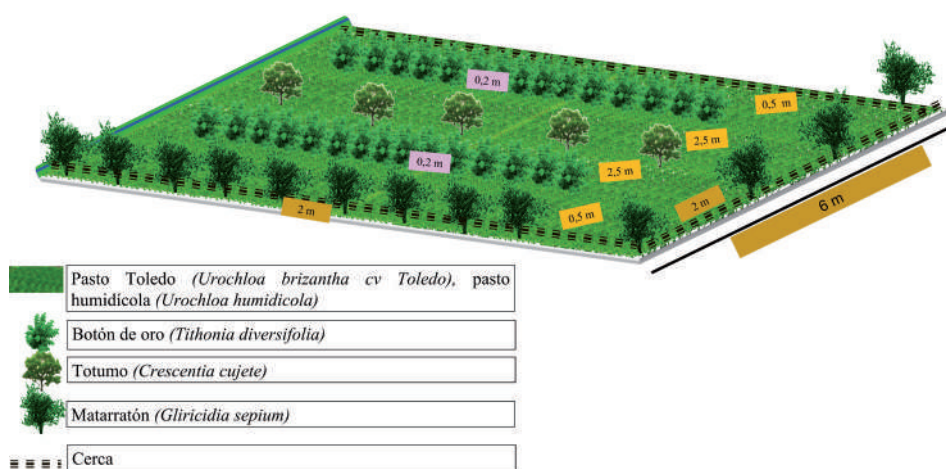


Figura 7. Diseño de las franjas del sistema silvopastoril

Fuente: Argüello, J.

Además del establecimiento de SSP para ramoneo, los autores evaluaron el potencial de *T. diversifolia*, *G. sepium* y *C. cujete* en un diseño de banco forrajero. Para ello, Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2020b) trazaron parcelas de 8 m × 7 m (56 m<sup>2</sup> c/u). La siembra se realizó con un modelo de surcos dobles a una distancia de 20 cm entre plantas, 75 cm entre surcos sencillos y 1 m entre surcos



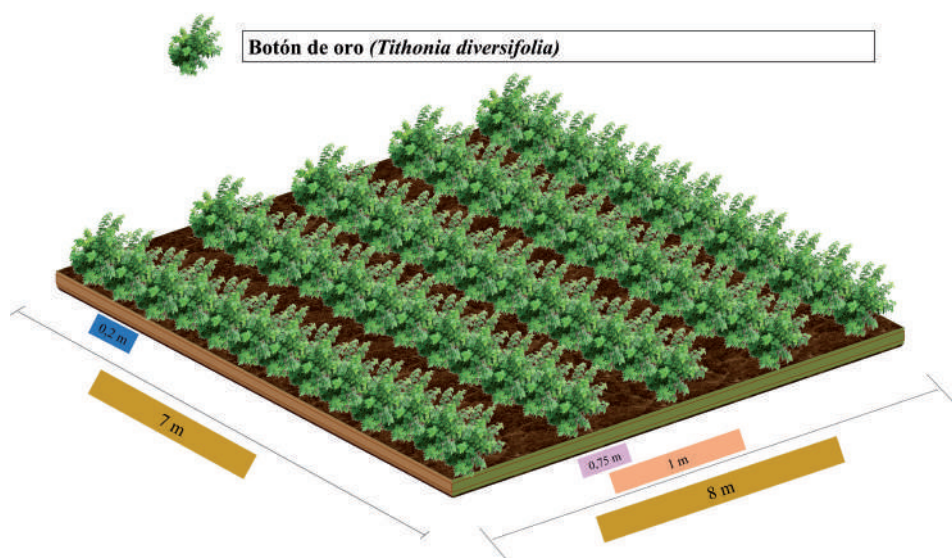
**Figura 8.** Establecimiento de SSP con *T. diversifolia*, Bajo Cauca Antioqueño  
Fuente: Argüello, J.

dobles (Figura 9). Para la siembra se usó semilla sexual de *T. diversifolia*, *G. sepium* y *C. cujete*. El botón de oro se manejó según el protocolo de Gallego (2016) y se realizó siembra directa en campo entre 1 y 2 cm de profundidad, tapando ligeramente con tierra y pasto seco. La semilla de *G. sepium* se hidrató durante doce horas (0,5 kg), posteriormente se secó al sol durante seis horas y se procedió a sembrar en campo a 2,0 cm de profundidad. En cuanto a *C. cujete*, la semilla se sembró a menos de 2,0 cm de profundidad sin separarla de la pulpa del fruto.

### Manejo de SSP

En la investigación de Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2020a) se realizó control de arvenses durante 5 meses post-establecimiento. Previo al pastoreo y transcurridos 6 meses del establecimiento, se hizo un corte de uniformización del botón de oro, realizando un corte en bisel a 1 m de altura. Se manejó un sistema de rotación por franjas con cinta eléctrica, con un total de 16 franjas, con un periodo de ocupación de 2





**Figura 9.** Ilustración del diseño de las parcelas experimentales

Fuente: Argüello, J.

días y 30 días de descanso por franja y se dejó disponible un surco de botón de oro por franja/pastoreo con el fin de dar 60 días de recuperación a la arbustiva (Figura 10 y 11). Para este sistema se estimó que, en un manejo rotacional por franjas como el implementado, en 1 ha en SSP se podría tener 4,16 UGG en época lluviosa y 3,26 UGG en época seca.

En el caso de bancos forrajeros, se hizo control de arvenses previo al corte de uniformización y durante el periodo de evaluación de las parcelas (Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2020b). El corte de uniformización se hizo cinco meses post-establecimiento, aplicando un corte en bisel a 0,70 m del suelo. Se realizaron cortes cada 60 días en época de baja precipitación y cada 45 días en época de alta precipitación. Al banco forrajero y al sistema silvopastoril se les aplicó un mínimo manejo agronómico sin uso de enmiendas, ni fertilización química, puesto que el objetivo fue identificar el potencial de arbustivas forraje-

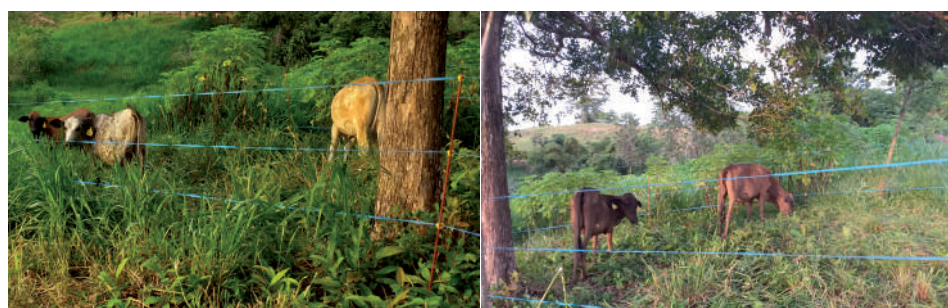


ras con la capacidad de producir forraje de calidad en condiciones de suelos pobres (Figura 12).



**Figura 10.** Corte de uniformización del SSP con *T. diversifolia*

Fuente: Argüello, J.



**Figura 11.** Pastoreo en franjas en SSP de *T. diversifolia*, Bajo Cauca Antioqueño

Fuente: Argüello, J.



**Figura 12.** Banco forrajero de *T. diversifolia*, *G. sepium*, y *C. cujete*

Fuente: Argüello, J.



## Resultados hallados para las variables evaluadas

En el SSP establecido por Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2020a) se evaluó el comportamiento productivo de hembras de levante BON × cebú y se hallaron mayores ganancias de peso entre este (743 g/an/día) que en un monocultivo de *U. brizantha* cv. Toledo y *U. humidicola* (478 g/an/día). Lo anterior estuvo asociado a la calidad de la dieta ofertada en el SSP, pues *T. diversifolia* presentó 27,4% de PC y, además, la oferta de MS por m<sup>2</sup> fue mayor en el SSP (0,28 kg/m<sup>2</sup>) que en el monocultivo (0,24 kg/m<sup>2</sup>). La relación (%) pastura:arbustiva estuvo en 95,92:4,07 y esto, asociado a que el porcentaje de consumo de *T. diversifolia* fue del 96,1%, sugeriría que la ingesta de la arbustiva estuvo limitada por la oferta y la densidad del estrato arbustivo en el SSP. A una mayor densidad de la arbustiva, el porcentaje consumido podría aumentar (Mejía-Díaz, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017a; Rivera et al., 2015).

En referencia al banco forrajero evaluado por Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala (2020b), se estimó una producción anual proyectada de MS de 13,87 t/ha/año para *Crescentia cujete*, 23,2 t/ha/año para *Gliricidia sepium* y 18,47 t/ha/año para *Tithonia diversifolia*. De igual forma, se halló que *Crescentia cujete* presentó los valores más altos de FDN (46,5%) y FDA (25,1%), mientras *Tithonia diversifolia* reportó los valores más bajos (32,6% FDN y 14,4% FDA). Con relación a la PC, los valores más altos fueron para botón de oro y matarratón, con 25,2% y 24,3% respectivamente, mientras que el totumo tuvo un 15,0%. Los resultados del estudio sugieren la capacidad de adaptación de estas arbustivas a suelos pobres y revelan que estas especies tienen un alto potencial para aumentar la producción forrajera de las unidades productivas, así como la calidad nutricional de la dieta (Argüello-Rangel, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2019, 2020b).

Por su parte, Mahecha-Ledesma, Angulo-Arizala y Barragán-Hernández (2017) evaluaron la calidad bromatológica, degradación de MS y potencial mitigador de metano de forrajes provenientes de arreglos silvopastoriles con niveles de sombra de 0%, 30% y 60% y con la inclusión de las arbustivas *Tithonia diversifolia* y *Cratylia argentea*, en asocio con *U. brizantha* cv. Toledo, *U. decumbens*, y *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II. Se halló efecto para la concentración de ácido linoleico a favor del sistema de *U. brizantha* cv. Toledo con *Tithonia diversifolia* (0,28 g/100 g de MS), lo que resulta favorable comparado con un monocultivo de *U. decumbens* donde este ácido graso tuvo valores de 0,184 g/100 g de MS.

## Sistemas silvopastoriles con leucaena

### (*Leucaena leucocephala*)

#### Establecimiento de SSP

En el año 2020 se celebró el Convenio interadministrativo No. 4600010768 entre la Secretaría de Agricultura de Antioquia y la Universidad de Antioquia para la implementación del proyecto “Mejoramiento de la cadena cárnica bovina del Urabá Antioqueño a través del desarrollo e implementación de un polo de desarrollo cárnico basado en la producción bovina sostenible en SSP intensivos”. Con este proyecto se implementaron SSP con leucaena en 84 predios del Urabá Antioqueño, lo cual dio como resultado 264,7 ha intervenidas, con un diseño consistente en un arreglo de leucaena sembrada a 20 cm entre planta y a 1,5 m entre surcos, para un total de 40 surcos de leucaena/ha. Cada 4 surcos de leucaena se estableció un surco de árboles para sombrío utilizando *G. sepium*, *Moringa oleífera*, y *Crescentia cujete*, a 4 m entre planta y un total de 9 surcos/ha, para 24 árboles/surco/ha. Adicional al estrato arbustivo y arbóreo, se realizó establecimiento de pasturas mejoradas con *Megathyrus maximus* cv. Tanzania y *Urochloa brizantha* cv. Toledo.



La importancia de esta iniciativa es que se fortalecieron las capacidades productivas de pequeños y medianos productores a través del acceso a un modelo de producción sostenible, apalancado con los recursos del Estado y con el acompañamiento técnico brindado por la Universidad de Antioquia desde su experiencia académica e investigativa en producción bovina sostenible. Dichos SSP están siendo monitoreados y evaluados por un estudiante de la Maestría en Ciencias Animales de la Universidad de Antioquia para validar esta experiencia de extensión rural y caracterizar los parámetros productivos y agronómicos de estos (Figura 13).



**Figura 13.** Sistema silvopastoril intensivo de leucaena en la subregión de Urabá  
Fuente: Convenio No. 4600010768

### Manejo de SSP

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con leucaena se han manejado a diferentes tiempos de rotación. Por ejemplo, en la Reserva Natural El Hatico se reportan rotaciones de 42 días, con igual número de potreros, para una ocupación de 1 día por potrero y una carga animal de 4,1 an/ha (Mahecha-Ledesma, Durán, & Rosales, 2000; Mahecha-Le-

desma et al., 2000, Mahecha & Angulo, 2012). Por su parte, Barragán-Hernández, Mahecha-Ledesma & Cajas-Girón (2016) manejaron un pastoreo rotacional por franjas con dos días de ocupación y 28 de descanso, aunque en este sistema la presencia de leucaena era de baja densidad. La leucaena se adapta bien en condiciones de trópico medio y bajo y requiere de suelos de mediana a alta fertilidad con pH con tendencia a neutro o básico, es decir que no se desarrolla bien en suelos ácidos y con toxicidad de aluminio (Murgueitio, Barahona, et al., 2016; Murgueitio, Uribe, et al., 2016).

### Resultados hallados para las variables evaluadas

Según Mahecha-Ledesma, Durán y Rosales (2000), los SSPi con *L. leucocephala* y *C. plectostachyus* ofrecen una mayor disponibilidad de forraje con 29,9 t/MS/ha/año, correspondiente a 25,2 t/MS/ha/año para *C. plectostachyus*, 4,1 t/MS/ha/año para *L. leucocephala* y 0,4 t/MS/ha/año para *P. juliflora*. El monocultivo de *C. plectostachyus* generó 23,1 t/MS/ha/año con fertilización nitrogenada a razón de 400 kg de urea/ha/año, siendo superior la producción de pasto del SSPi. Los autores señalaron que la leucaena presenta una alta calidad nutricional con valores proteicos de 26,3% PC y que contribuye a fijar nitrógeno, mejorar la estructura del suelo y el reciclaje de nutrientes, lo que en consecuencia favorece la producción de biomasa que se observó en el estudio. Además, en este sistema silvopastoril se ha reportado un consumo de forraje promedio de 9,5 kg/animal/día, en el que 7,7 kg corresponden a *C. plectostachyus* y 1,8 kg a leucaena, para una proporción gramínea:leucaena de 81:19 y un consumo total de 13 kg MS/animal, incluyendo pastoreo más concentrado (Mahecha-Ledesma, Durán, & Rosales, 2000; Mahecha-Ledesma et al., 2000).

Por su parte, Barragán-Hernández, Mahecha-Ledesma & Cajas-Girón (2016) evaluaron tres arreglos silvopastoriles: (i) árboles y pasto, (ii) pas-





to y arbustos y (iii) pasto, árboles y arbustos. El tratamiento control fue un monocultivo de *Megathyrus maximus*, *Dichanthium aristatum* y *Cynodon nlemfuensis*. Las arbustivas usadas fueron *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete* y los árboles fueron *Guazuma ulmifolia*, *Cassia grandis* y *Albizia saman*. Se evaluó la calidad forrajera y la composición de la leche de animales cruce Romosinuano (50%), Holstein (25%) y Cebú Comercial (25%) y se hallaron mayores valores de PC para el pasto del arreglo compuesto por los tres estratos (pastura, arbustivas, árboles) (12,6%), mientras que el tratamiento sin árboles registró 9,7% de PC. El arreglo de pastura y arbustivas tuvo el valor más alto en cuanto a la carga animal (3,6 an/ha) y la mayor producción de leche (12,8 l/ha), que fue atribuida al incremento en la calidad de la dieta en este SSP con relación al monocultivo.

Del mismo modo, Barragán-Hernández, Mahecha-Ledesma & Cajas-Girón (2015) evaluaron parámetros fisiológicos y metabólicos como indicadores de estrés calórico. Los autores observaron que los sistemas con pasto y arbustos y el de pasto, árboles y arbustos tuvieron un 6% y 7% menos de temperatura ambiental respectivamente. La temperatura de la piel y la frecuencia respiratoria de los animales que pastorearon en estos fue de 36,55 °C para el sistema pasto:árboles, de 36,39 °C para el sistema pasto:árboles:arbustos y de 37,91 °C para el monocultivo. En cuanto a la frecuencia respiratoria de los animales, en el sistema pasto:árboles fue de 63,92 rpm; en el sistema pasto:árboles:arbustos de 61,94 rpm y para el monocultivo, 70,82 rpm.

En esta misma línea de evaluación de lechería tropical (LT) y doble propósito (DP) en SPPi, Prieto-Manrique et al. (2016) compararon el efecto de la dieta de 4 fincas, el número de partos y el tercio de lactancia sobre el porcentaje de grasa y la concentración de ácido linoleico conjugado c9-t11 (ácido ruménico), ácidos transvaccénico (ATV) y otros ácidos

grasos de cadena larga (AGCL). De los predios evaluados, dos eran sistemas convencionales de solo gramíneas (*Cynodon plectostachyus* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania) y dos SSPi con *Cynodon plectostachyus*, *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania y *Leucaena leucocephala*. En este estudio hubo efecto del tercio de lactancia sobre el contenido de grasa en leche en los SSPi LT y DP. La proporción de ALC-c9t11 en la leche estuvo entre 1,28% y 2,22% y de ATV entre 4,40% a 6,50%, con un índice de aterogenicidad entre 1,69 a 2,89.

Las proporciones de ácidos grasos halladas en la leche fueron asociadas a la alta participación de la grasa de los suplementos (51 a 84%) con relación al total de grasa consumida y su composición. Prieto-Manrique et al. (2018) también evaluaron la suplementación con aceite de semilla de girasol. En LT las vacas recibieron suplementación con concentrado en una relación pasto:concentrado de 71:29 y, a su vez, una relación pastura:arbustiva de 84:16; es decir que el 11,3% del total de la dieta estuvo compuesto de la arbustiva. La inclusión de aceite de semilla de girasol tuvo efecto sobre la proporción de ALC-c9t11 (2,92%) y TVA (14,5%), la cual se incrementó de manera lineal con la adición del aceite en la dieta (40 g/kg MS). En comparación con el tratamiento sin inclusión, los valores de ALC-c9t11 fueron de 1,26% y los de TVA de 6,52%.

En DP, la relación forraje:concentrado fue 83:17 y la de pastura:arbustiva de 80:20, de modo que la leucaena representó el 16,6% de la dieta, con lo cual se incrementó la proporción de ALC-c9t1 (2,6%), TVA (12,1%) y ácido linoleico (1,51%) en la dieta con 40 g/kg MS de inclusión de aceite; mientras que el tratamiento sin inclusión de aceite tuvo valores de 1,16% para ALC-c9t11, 4,49% para TVA y de 0,63% para ácido linoleico. La proporción de ácido linoleico conjugado (CLA) se ha asociado a efectos benéficos en la salud humana como la reducción del índice de aterogenicidad, lo que sugiere que este tipo de dietas podrían conferir a



la leche el atributo de alimento funcional (Mahecha et al., 2008; Prieto-Manrique et al., 2018). De igual modo, con una inclusión de aceite de 40 g/kg MS hubo una reducción del índice tanto en LT como en DP (1,01 para LT y 0,60 para DP), frente al tratamiento sin inclusión de aceite (2,10 para LT y 2,85 para DP).

En relación con la producción de carne en SSPi, Mahecha-Ledesma et al. (2012) llevaron a cabo una investigación en la Hacienda El Chaco, en el departamento del Tolima (ver Figura 14), la cual tiene un arreglo compuesto por más de 30.000 arbustos/ha de *Leucaena leucocephala*, pasto estrella *Cynodon plectostachyus* y 500 árboles maderables/ha entre iguá (*Albizia guachapele*), neem (*Azadirachta indica*) y teca (*Tectona grandis*) (Figura 14). Se manejó una carga de 3,5 UGG/ha y se evaluaron dos épocas: una de precipitación normal (PN) y otra de sequía prolongada (SP). Los resultados del estudio revelaron que, en PN, el SSPi tuvo ganancias de peso de 882 g/an/día y 832 g/an/día para animales tipo taurus e indicus respectivamente, con lo cual se alcanzó a los 8 meses de ceba un peso 452 kg (1098 kg/ha/año) y 450 kg (1025 kg/ha/año) para taurus e indicus respectivamente. En SP, la ceba se prolongó 15,87 meses y las ganancias de peso fueron superiores para los indicus (608 g/an/día, 472 kg 731 kg/ha/año) en comparación con los taurus (513 g/an/día, 441 kg y 600 kg/ha/año).

El SSPi, tanto en PN como en SP, fue superior con relación a la producción en monocultivo (128 kg/ha/año para animales tipo indicus, y 91 kg/ha/año tipo taurus). Esto sugiere una capacidad adaptativa del indicus a condiciones climáticas adversas, y que, aun en estas condiciones, los SSPi siguen siendo más productivos que un sistema de monocultivo (Mahecha-Ledesma et al., 2012). El cambio en el esquema productivo hacia los SSPi tiene implicaciones en cuanto a la reducción de la pre-



sión sobre los ecosistemas, toda vez que se optimiza la producción por unidad de área y se podría liberar área cuya vocación de suelo es de tipo agrícola o de conservación (Arango et al., 2016; Mahecha & Angulo, 2012).



**Figura 14.** Sistemas silvopastoril intensivo, Hacienda EL Chaco, Tolima  
Fuente: Mahecha, L.

### 3.3 Componente formativo

Como parte del objetivo de formación de la línea de investigación en sistemas sostenibles de producción animal se han vinculado estudiantes de pregrado y posgrado a lo largo de los años de trabajo. De pregrado se vincularon estudiantes del programa de Zootecnia y de Ingeniería Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, tanto en la modalidad de práctica profesional como de trabajo de grado. En cuanto a posgrados, se han formado profesionales de la Maestría en Ciencias Animales y del Doctorado en Ciencias Animales.

La temática se ha enfocado principalmente en la evaluación de especies de interés forrajero como *Tithonia diversifolia*, *Leucaena leucocephala*, pero también de otras especies como *Morus sp*, *Trichanthera giganteam*



**Tabla 1. Estudiantes formados en producción sostenible**

Nivel de formación	Programa académico	Tipo de trabajo desarrollado	Número de estudiantes formados
Pregrado	Zootecnia	Práctica profesional	13
Pregrado	Ingeniería Agropecuaria	Práctica profesional	2
Pregrado	Ingeniería agronómica	Pasantía internacional estudiantes Francia	3
Pregrado	Zootecnia	Trabajo de grado para obtención del título	21
Posgrado	Maestría en Ciencias Animales	Trabajo de investigación para obtención del título	10
Posgrado	Doctorado en Ciencias Animales	Tesis investigativa	4
Posgrado	Doctorado	Pasantía internacional Universidad de Brasil	1

Fuente: elaboración propia

*Erythrina edulis*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus tereticornis*, *Cratylia rgénte*, *Crescentia cujete*, *Gliricidia sepium*, entre otras (Angulo-Arizala, Rodríguez & Mahecha-Ledesma, 2005; Mahecha-Ledesma et al., 2012). Se han evaluado SSPi, bancos forrajeros, pastoreo en plantaciones, productividad de bovinos de carne y leche y el impacto ambiental tanto en lo relacionado con emisiones de gases de efecto invernadero como con la relación suelo-planta-animal (Barragán-Hernández, Mahecha-Ledesma & Cajas-Girón, 2015; Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2017b). En el caso de las prácticas profesionales, los estudiantes se han vinculado a unidades productivas con SSP o a procesos de implementación.

En cuanto a las tesis de pregrado, trabajos de investigación de maestría y tesis doctorales, estas se han basado en la ejecución de proyectos de investigación que evaluaban SSP existentes o que contemplaban tanto el establecimiento como la evaluación de los mismos (Gallego, Mahecha

& Angulo, 2017b; Prieto-Manrique et al., 2016). Uno de los componentes ha sido la investigación de las propiedades agronómica y nutricionales de arbustivas forrajeras y la experimentación con diversas formas de propagación (Gallego, 2016). De igual modo, se ha venido profundizando en la evaluación de otros efectos benéficos de la inclusión de arbustivas forrajeras, como el efecto en la reducción de las emisiones de metano (Cardona-Iglesias, Mahecha-Ledesma & Angulo-Arizala, 2019b; Mahecha-Ledesma, Angulo-Arizala & Barragan-Hernandez, 2017) o en el perfil de ácidos grasos de la leche (Prieto-Manrique et al., 2016, 2018).

Los conocimientos validados a través de estos procesos investigativos han servido de base para la implementación de SSP en proyectos de extensión rural desarrollados por la Facultad de Ciencias Agrarias. Esto ha permitido consolidar la articulación de la academia a la realidad productiva y ha contribuido a los objetivos contemplados por la Ley 1876 de 2017, por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA).

## 4. Conclusiones

Las investigaciones realizadas en materia de SSP han contribuido a validar protocolos de siembra, manejo y evaluación de diversos arreglos que apuntan a dar respuesta a los desafíos de mejoramiento de las unidades productivas. Estos arreglos hacen énfasis en prácticas ambientales sostenibles que atiendan al desafío de mitigación y adaptación al cambio climático. Es de especial relevancia la identificación de las propiedades agronómicas y nutricionales de arbustivas forrajeras, como el botón de oro y leucaena y, más recientemente, de totumo y matarratón, como mecanismo para explorar técnicas de fácil aplicación en condiciones productivas, aprovechando el potencial de las especies según su habilidad adaptativa a diversas condiciones edáficas y climáticas.



En cuanto a los desafíos relacionados con los nuevos hábitos de los consumidores, es preciso continuar investigando las propiedades de los metabolitos secundarios de las arbustivas de uso forrajero, su incidencia en la calidad de la carne y la leche y de qué manera pueden ofrecer las características de un alimento funcional. El último reto de suma relevancia es la formación de capital humano con las competencias para asumir los desafíos de cambiar la dinámica de la producción primaria desde un enfoque ambientalmente sostenible y orientado a generar productos que atiendan las necesidades de los consumidores en cuanto a la inocuidad y calidad nutricional. En este contexto, la actividad investigativa que posibilita la financiación con proyectos y el apoyo de la Universidad de Antioquia es la herramienta para la formación de profesionales a nivel de pre y posgrado con las competencias pertinentes para abordar los retos que demanda la producción bovina.

## 5. Referencias bibliográficas

- Angulo-Arizala, J., & Mahecha-Ledesma, L. (2020). Los sistemas silvopastoriles como estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI. *Cátedra Abierta Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia*, 45.
- Angulo-Arizala, J., Mahecha-Ledesma, L., & Olivera, M. (2009). Síntesis, composición y modificación de la grasa de la leche bovina: Un nutriente valioso para la salud humana. *Revista MVZ Cordoba*, 14(3), 1856–1866. <https://doi.org/10.21897/rmvz.346>
- Angulo-Arizala, J., Rodríguez, I., & Mahecha-Ledesma, L. (2005). Producción y calidad del follaje de *Acacia mangium* Willd bajo tres frecuencias de corte en dos épocas del año. *Livestock Research for Rural Development*, 17(5). <http://www.lrrd.org/lrrd17/5/angu17052.htm>
- Angulo, J., Olivera, M., Mahecha, L., Nuernberg, G., Dannenberger, D., & Nuernberg, K. (2013). Distribution of conjugated linoleic acid (CLA) isomers and cows fed different lipid supplements. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26, 79–89.
- Arango, J., Gutiérrez, J., Mazabel, J., Pardo, P., Enciso, K., Burkart, S., Sotelo, M., Hincapié, B., Molina, I., Herrera, Y., & Serrano, G. (2016). Estrategias Tecnológicas para Mejorar

- la Productividad y Competitividad de la Actividad Ganadera: Herramientas para Enfrentar el Cambio Climático. In *CIAT No. 414* (Issue February). <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/71101/CIAT ESTRATEGIAS TECNOLOGI CAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA ACTIVIDAD GANADERA.pdf>
- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019). Fodder shrubs relevance in cattle systems of Colombian low altitude lands. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 899–915. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35136>
- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2020a). Desarrollo de novillas BON x Cebú en un silvopastoril de *Tithonia diversifolia*, en Antioquia, Colombia. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 48–59.
- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2020b). Perfil nutricional y productivo de especies arbustivas en trópico bajo, Antioquia (Colombia). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–20. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_art:1700](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1700)
- Barragán-Hernández, W., Mahecha-Ledesma, L., & Cajas-Girón, Y. (2015). Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 211–223.
- Barragán-Hernández, W., Mahecha-Ledesma, L., & Cajas-Girón, Y. (2016). Efecto de sistemas silvopastoriles en la producción y composición de la leche bajo condiciones del valle medio del río sinú, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8(2), 187–196. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n2.2016.186>
- Cano, C., Iregui, A., Ramírez, M., & Tribín, A. (2016). *El desarrollo equitativo, competitivo y sostenible del sector agropecuario en Colombia*. Banco de la República. [http://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/9328/LBR\\_2016-11.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/9328/LBR_2016-11.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cardona-Iglesias, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2016). Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 273–288. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21466>
- Cardona-Iglesias, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2017a). Balance nitrogenado en vacas lecheras pastoreando sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia*. In J. Chará, P. Peri, R. J. E. Murgueitio, & K. Castaño (Eds.), *Sistemas silvopastoriles: Aportes a los objetivos de desarrollo sostenible* (pp. 219–228). CIPAV.



- Cardona-Iglesias, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2017b). Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 405–426. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697>
- Cardona-Iglesias, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019a). Consumo y productividad en vacas Holstein pastoreando un sistema silvopastoril vs monocultivo de kikuyo y suplementadas con grasas insaturadas. *Revista Científica FVC-LUZ*, 29(1), 20–33.
- Cardona-Iglesias, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019b). Estimación de metano en vacas pastoreando sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* y suplementadas con grasas poliinsaturadas. *Revista Científica FVC-LUZ*, 29(2), 107–118.
- Castaño-Reyes, G., Parrado-Barbosa, A., & Molina-Ochoa, J. (2017). Diseño y validación de un modelo para la evaluación de la calidad de la asistencia técnica agropecuaria en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 387–399. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.6324>
- Chagas, D., Barbosa, R., Da Silva, V., Gobbo, L., Gasparotoc, T., Campanellic, A., Faccioli, L., & Batista, F. (2011). Chlorogenic acids from *Tithonia diversifolia* demonstrate better anti-inflammatory effect than indomethacin and its sesquiterpene lactones... *Ethnopharmacology*, 136, 355–362.
- Correa-Orozco, A., & Uribe-Velásquez, L. (2010). Sistema de información científica la condición corporal como herramienta para pronosticar el potencial reproductivo en hembras bovinas de carne. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(2), 5607–5619.
- De la Ossa, J., Pérez-Cordero, A., & Montes-Vergara, D. (2018). El programa de zootecnia: Retos de investigación e innovación para Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 10(2), 109–110. <https://doi.org/10.24188/recia.v10.n2.2018.647>
- DeClerck, J., Wade, Z., Reeves, N., Miller, M., Johnson, B., Ducharme, G., & Rathmann, R. (2020). Influence of *Megasphaera elsdenii* and feeding strategies on feedlot performance, compositional growth, and carcass parameters of early weaned, beef calves. *Translational Animal Science*, 4(2), 1–13. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa031>
- Echavarría, J., Villamizar, M., Restrepo, S., & Hernández, J. (2018). La calidad de vida en el sector agropecuario colombiano: una mirada a la población rural. In J. Echavarría,

- M. Villamizar, & S. Restrepo (Eds.), *Superando barreras: El impacto del crédito agrario en Colombia* (pp. 73–91). Banco de la República.
- Elsabaawy, E., & Gad, S. (2021). Lipids in Ruminant Nutrition and Its Effect on Human Health. In S. Abd El-Kader & B. Mohammad El-Basioni (Eds.), *Precision Agriculture Technologies for Food Security and Sustainability* (1st ed., pp. 344–467). National Research Centr.
- Ferlay, A., Bernard, L., Meynadier, A., & Malpuech-Brugère, C. (2017). Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: A review. *Biochimie*, *141*, 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2017.08.006>
- Gallego, L. (2016). *Evaluación agronómica y análisis productivo del botón de oro (Tithonia diversifolia Hemsl. A Gray) como suplemento alimenticio de vacas lecheras en trópico alto* [Universidad de Antioquia]. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/6113>
- Gallego, L., Mahecha, L., & Angulo, J. (2017a). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(1), 213–222. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- Gallego, L., Mahecha, L., & Angulo, J. (2017b). Producción, calidad de leche y beneficio: costo de suplementar vacas holstein con *Tithonia diversifolia*. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(2), 357. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.25945>
- Guatusmal-Gelpud, C., Escobar-Pachajoa, L., Meneses-Buitrago, D., Cardona-Iglesias, J., & Castro-Rincón, E. (2020). Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, *31*(1), 193–208. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36677>
- Hall, J. B. (2013). Nutritional development and the target weight debate. *Vet Clin Food Anim*, *29*, 537–554. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.07.015>
- Ku Vera, J., Briceño, E., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A., Aguilar, C., Solorio, F., & Ramírez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, *48*(1), 43–53.
- Londoño, J. (2017). *Evaluación agronómica de un sistema silvopastoril intensivo de ramoneo y respuesta productiva de hembras de levante de doble propósito en el SENA - CRNR La Salada*. [Tesis de Maestría, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional- Universidad de Antioquia.





- Londoño, J., Barragán, W., Muñoz, M., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2020). Evaluación antimicrobiana de extractos obtenidos a partir de *Tithonia Diversifolia* (Hemsl.) A. Gray con uso potencial en la industria lechera. *Revista Investigaciones Andina*, 22(40), 215–224. <https://revia.areandina.edu.co/index.php/IA/article/view/1596>
- Londoño, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>
- López, O., Sánchez, T., Iglesias, J., Lamela, L., Soca, M., Arece, J., & Milera, M. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 83–95.
- Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J., & Barragán-Hernández, W. (2017). Calidad nutricional, dinámica fermentativa y producción de metano de arreglos silvopastoriles. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 371–387. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.22750>
- Mahecha-Ledesma, L., Corral, F., Murgueitio, M., Sánchez, C., Angulo, J., Olivera, M., Solorio, B., Zapata, A., Cuartas, C., Naranjo, J., Rodríguez, C., Ramírez, J., Mejía, A., Xóchitl, M., & Murgueitio, E. (2012). SSPi producen elevada cantidad de carne de alta calidad en Colombia y México. *Carta Fedegán*, 129, 60–72.
- Mahecha-Ledesma, L., Durán, C., & Rosales, M. (2000). Análisis de la relación planta-animal desde el punto de vista nutricional en un sistema silvopastoril de *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora* en el valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 50(1–2), 59–70. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/47911](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/47911)
- Mahecha-Ledesma, L., Durán, C., Rosales, M., Molina, C., & Molina, E. (2000). Consumo de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) en un sistema silvopastoril. *Pasturas Tropicales*, 22(1), 26–30.
- Mahecha-Ledesma, L., Escobar, J., Suárez, J., & Restrepo, L. (2007). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*, 19(2). <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Mahecha, L., & Angulo, J. (2012). Nutrient Management in Silvopastoral Systems for Economically and Environmentally Sustainable Cattle Production: A Case Study



- from Colombia. In *Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management - A Global Perspective* (pp. 201–216). <https://doi.org/10.5772/29476>
- Mahecha, L., Angulo, J., Salazar, B., Cerón, M., Gallo, J., Molina, C., Molina, E., Suárez, J., Lopera, J., & Olivera, M. (2008). Supplementation with bypass fat in silvopastoral systems diminishes the ratio of milk saturated/unsaturated fatty acids. *Tropical Animal Health and Production*, *40*, 209–216. <https://doi.org/10.1007/s11250-007-9082-5>
- Mahecha, L., Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G., Hagemann, E., & Martin, J. (2010). Relationship between lipid peroxidation and antioxidant status in the muscle of german holstein bulls fed n-3 and n-6 PUFA-enriched diets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(14), 8407–8413. <https://doi.org/10.1021/jf101218b>
- Mahecha, L., Londoño, J., & Angulo, J. (2021). Agronomic and Nutritional Assessment of an Intensive Silvopastoral System: *Tithonia Diversifolia*, *Sambucus nigra*, *Cynodon nlemfuensis*, and *Urochloa plantaginea*. Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40011-021-01282-7>
- Mahecha, L., Nuernberg, K., Nuernberg, G., Ender, K., Hagemann, E., & Dannenberger, D. (2009). Effects of diet and storage on fatty acid profile, micronutrients and quality of muscle from German Simmental bulls. *Meat Science*, *82*(3), 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.005>
- Mauricio, R., Sandin, R., Murgueitio, E., Chará, J., & Flores, M. (2019). Silvopastoral Systems in Latin America for Biodiversity, Environmental, and Socioeconomic Improvements. In *Agroecosystem Diversity* (1st ed., pp. 287–297). Elsevier B.V.
- Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2017a). Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(2), 389–403. <https://doi.org/10.15517/ma.y28i2.23561>
- Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2017b). Productividad de un sistema silvopastoril con ramoneo de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. In J. Chará, P. Peri, J. Rivera, E. Murgueitio, & K. Castaño (Eds.), *Sistemas silvopastoriles: Aportes a los objetivos de desarrollo sostenible* (pp. 399–405). CIPAV.
- Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2017c). *Tithonia diversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Agronomía Mesoamericana*, *28*(1), 289–302. <https://doi.org/10.15517/am.y28i1.22673>



- Murgueitio, E., Barahona, R., Flores, M., Chará, J., & Rivera, J. (2016). Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba*, 54(1), 23–30. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v54i1.2774>
- Murgueitio, E., Uribe, F., Molina, C., Molina, E., Galindo, W., Chará, J., Flores, M., Giraldo, C., Cuartas, C., Naranjo, J., Solarte, L., & González, J. (2016). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con leucaena* (E. Murgueitio, W. Galindo, J. Chará, & F. Uribe (eds.)). CIPAV. <http://www.cipav.org.co/emssil/SSPiLeucaena.pdf>
- Navas, A. (2017). Conocimiento local y diseño participativo de sistemas silvopastoriles como estrategia de conectividad en paisajes ganaderos. *Rev. Med. Vet*, 34, 55–65. <https://doi.org/doi:http://dx.doi.org/10.19052/mv.4255>
- Nepomuceno, D., Pires, A., Ferraz, M., Biehl, M., Gonçalves, J., Moreira, E., & Day, M. (2017). Effect of pre-partum dam supplementation, creep-feeding and post-weaning feedlot on age at puberty in Nellore heifers. *Livestock Science*, 195, 58–62. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.008>
- Parra-Cortés, R., Magaña-Magaña, M., & Piñeiro-Vázquez, A. (2019). Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. Revisión Bibliográfica. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 115(4), 342–359. <https://doi.org/10.12706/itea.2019.003>
- Prieto-Manrique, E., Mahecha-Ledesma, L., Vargas-Sánchez, J., & Angulo-Arizala, J. (2018). The effect of sunflower seed oil supplementation on the milk fatty acid contents of cows fed leucaena in an intensive silvopastoral system. *Animal Feed Science and Technology*, 239, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.003>
- Prieto-Manrique, E., Vargas-Sánchez, J., Angulo-Arizala, J., & Mahecha-Ledesma, L. (2016). Grasa y ácidos grasos en leche de vacas pastoreando, en cuatro sistemas de producción. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 19–42. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22816>
- Ramírez, J., Zambrano, D., Cmapuzano, J., Verdecia, D., E, C., Arceo, Y., Labrada, J., & Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), 1–12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651420007%0ACómo>
- Rivera, J., Cuartas, C., Naranjo, J., Tafur, O., Hurtado, E., Arenas, F., Chará, J., & Murgueitio, E. (2015). Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo. *Livestock Research for Rural Development*, 27(10). <http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html>

- Rodríguez I, Padilla C y Ojeda M. (2019). Características de la germinación de la semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su comportamiento en condiciones de Vivero. *Livestock Research for Rural Development* 31 (5). <http://www.lrrd.org/lrrd31/5/idalma31069.html>
- Ruíz, T., Febles, G., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B., Torres, V., Cino, D., Alonso, J., Martínez, Y., Gutiérrez, D., Crespo, G., Mora, L., Scull, I., La O, O., González, J., Lok, S., González, N., & Zamora, A. (2014). *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 79–82.
- Saavedra, S. (2016). *Fenología y fisiología de semillas de botón de oro Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional.
- Sarmiento, A. (2019). *Ganadería Colombiana Sostenible : resultados del proyecto en las regiones de Boyacá, Santander y el Piedemonte Orinocense*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14544/u728966.pdf?sequence=1>
- Scollan, N., Dannenberger, D., Nuernberg, K., Richardson, I., Mackintosh, S., Hocquette, J., & Moloney, A. (2014). Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 97(3), 384–394. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.015>
- Scollan, N., Price, E., Morgan, S., Huws, S., & Shingfield, K. (2017). Can we improve the nutritional quality of meat? *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(4), 603–618. <https://doi.org/10.1017/S0029665117001112>
- Tapasco, J., Martínez, J., Calderón, S., Romero, G., Ordóñez, D., Álvarez, A., Sánchez, L., & Ludeña, C. (2015). *Impactos económicos del cambio climático en Colombia: Sector ganadero*. 50. [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7186/Impactos\\_economicos\\_cambio\\_climatico\\_Colombia\\_Sector\\_Ganadero.pdf?sequence=1](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7186/Impactos_economicos_cambio_climatico_Colombia_Sector_Ganadero.pdf?sequence=1)
- Vasta, V., Daghighi, M., Cappucci, A., Buccioni, A., Serra, A., Viti, C., & Mele, M. (2019). Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 3781–3804. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14985>
- Zepeda, R., Velasco, M., Toral, J., Hernández, A., & Martínez, J. (2016). Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: apoyos y limitantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), 471–488. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i4.4282>



Zhao, G., Xi, Z., Chen, W., Li, X., Sun, L., & Sun, L. (2012). Chemical constituents from *Tithonia diversifolia* and their chemotaxonomic significance. *Biochemical Systematics and Ecology*, 44, 250–254. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2012.06.019>





# Capítulo 5.

## Evaluación de la adopción de tecnologías en producción lechera

Mario Fernando Cerón-Muñoz

*Zoot. MSc, Dr; Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GAMMA*

Mariana Toro-Perez

*Zoot. Esp. Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GAMMA*

Jhare Jhuliana Taborda

*Zoot. Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GAMMA*

Natalia Andrea Zapata-Zapata

*Zoot. Esp. Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GAMMA*

Liliana Mahecha

*Zoot. MSc, Dr; Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GRICA*

Joaquín Angulo

*Zoot. MSc, Dr; Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GRICA*

José Fernando Guarín

*Zoot. MSc, Dr; Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GRICA*

Marisol Medina-Sierra

*Ing. Agron. MSc, Dr; Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación GAMMA*

Wim Houwers

*Ing.; Wageningen University and Research, Empresa Lavaca Wageningen*

Bram Wouters

*Ing. Agri.; Wageningen University and Research*

## Resumen

En Colombia, los sistemas de producción de leche presentan baja productividad y altos costos de producción, motivo por el cual se hace necesario buscar estrategias como la adopción de tecnologías innovadoras. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la intención de adopción de tecnologías en producción de leche por parte de productores del norte y oriente de Antioquia, Colombia. Para tal fin se realizaron capacitaciones en las que se les presentaron tecnologías en diferentes áreas de los sistemas productivos y posteriormente se realizaron encuestas con las premisas de un modelo de aceptación tecnológica adaptado (TAM). Los resultados fueron analizados mediante un modelo de ecuaciones estructurales (SEM). En este estudio se encontró que los productores tenían un 3,9 de intención de adopción de las tecnologías en escala de 1 a 5, debido principalmente a su utilidad y la facilidad de uso percibida. Se concluyó que los productores del norte y oriente de Antioquia tienen la intención de adoptar las tecnologías presentadas durante las capacitaciones.

**Palabras clave:** desarrollo rural, modelos de adopción tecnológica, modelos de ecuaciones estructurales

## 1. Introducción

El sector lácteo aporta casi un cuarto (24.3%) del PIB agropecuario y un 1.23% del PIB total colombiano. Además, en 2018 la producción de leche reportó un aumento del 11% respecto al año anterior, lo que muestra un avance de los procesos productivos en la industria gracias a la adopción de nuevas tecnologías (CCB, 2018). Sin embargo, siguen existiendo retos para la producción lechera debido a la baja productividad y competitividad, producto de los altos costos de producción, la disminución



de las exportaciones y el crecimiento de las importaciones (Asoleche, 2017). Según Carulla & Ortega (2016), los productores con bajos costos de producción y alta productividad representan solo el 2,5% del total de productores de leche del país, lo que hace necesaria la implementación de nuevas alternativas para aumentar la productividad y rentabilidad en los sistemas de producción.

A pesar de que el sector rural colombiano cuenta con potencial para implementar desarrollos tecnológicos y generar riqueza, en términos de competitividad no presenta oportunidades claras de mejora. Gran parte de la industria rural presenta rezagos productivos y brechas tecnológicas que dificultan su transformación y crecimiento (Cerón-Muñoz & Barrios, 2019). La implementación de tecnologías como los sistemas de monitoreo computacionales, los sistemas de posicionamiento global, la ingeniería genética, la utilización de prácticas para evitar la erosión de suelos, el uso de forrajes con mayor rendimiento y calidad nutricional, la implementación de nuevas técnicas para la crianza de terneras, entre otras, permitirían mejorar la competitividad y el desempeño de los sistemas productivos, lo que conduciría a una mayor rentabilidad y sostenibilidad (Ramírez, Reyes & Garzón, 2015). Como lo indicaron Peña et al. (2014) y Hyland et al. (2018), la adopción tecnológica debe enfocarse en el aumento de la rentabilidad, la sostenibilidad y la competitividad y debe estar asociada a factores financieros.

En general, las tecnologías se clasifican en duras (tangibles) y blandas (intangibles). Las duras comprenden tecnologías antiguas de uso frecuente, como aparatos para cortar pasto, máquinas de ordeño, invernaderos, cercado de potreros, motobombas, entre otras, así como tecnologías emergentes entre las que se encuentran el sensoramiento remoto, los analizadores de imágenes hiperespectrales o de ultrasonido, robots para alimentación u ordeño y otras que surgen de ciencias de la inge-



niería o de industrias avanzadas como la automovilística y la robótica. Por su parte, las tecnologías blandas comprenden procesos que involucran o potencian el capital humano de la empresa desde el proceso de enseñanza, la gestión del conocimiento, la organización empresarial o la contabilidad (Cerón-Muñoz & Barrios 2019).

Para realizar el proceso de adopción de tecnologías innovadoras existen cinco fases: (i) el conocimiento de las tecnologías por medio de publicidad, contacto social o extensionistas; (ii) la persuasión en la que los productores amplían su percepción acerca de las características, costos y beneficios de la implementación; (iii) la decisión de implementar o rechazar la innovación; (iv) la implementación, en la que el productor adquiere un criterio objetivo a través de la evaluación de los resultados obtenidos y, de acuerdo con estos, ocurre (v) la confirmación, fase en la que el productor decide si sigue usando la innovación (adopta) o abandona el proceso (Rogers, 2003). La teoría de Rogers (2003) demuestra que la difusión o diseminación de tecnologías innovadoras es la forma en que estas se transmiten entre individuos por diferentes canales a través del tiempo y que los líderes o primeros adoptantes son los agentes de difusión más relevantes a la hora de extender la información, persuadir y soportar la toma de la decisión de adopción de otros.

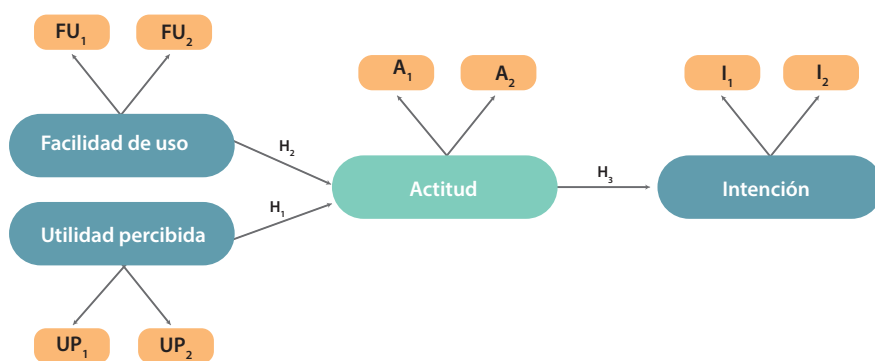
A partir de la información obtenida en las fases de conocimiento y persuasión se puede elaborar un criterio acerca de la utilidad y facilidad de uso de una tecnología determinada. Davis (1986, 1989) evidenció que estos últimos dos factores son fundamentales a la hora de reflejar actitud y confianza hacia la adopción, lo cual se manifiesta posteriormente como intención de adopción tecnológica. Las bases teóricas de la adopción tecnológica son la teoría de la difusión tecnológica y la teoría del comportamiento planificado de Ajzen (1985, 1991), las cuales apoyaron el modelo de aceptación de tecnologías (TAM) planteado por Davis



(1986, 1989). Este último sugiere que la adopción de determinada tecnología se puede analizar mediante la percepción de las personas sobre la utilidad (UP) y la facilidad de uso (FU), con base en la cual se produce una actitud (A) para asumir una adopción, que a su vez da lugar a la intención de adopción (I), lo cual finalmente se traduce en la adopción de las tecnologías. La UP está dada por el grado de mejora en el trabajo o en el rendimiento que se tiene al usar la nueva tecnología (Fernández, Vallejo & McAnally, 2015; Yong, Rivas & Chaparro, 2010; Fernández, 2015). La FU está dada por el grado de esfuerzo, tiempo o conocimiento que se requieren para poner a funcionar la tecnología (Fernández, 2015) y la A, según la teoría de la acción razonada, está relacionada con la medición de la motivación o predisposición para aceptar un nuevo reto (Ajzen, 1985, 1991). UP, FU, A, I y otros conceptos se consideran como variables latentes u ocultas que son inferidas por variables observables o medibles.

El conjunto de variables latentes y observadas de un TAM puede ser analizado por modelos de ecuaciones estructurales (SEM). Un SEM permite estudiar un fenómeno multivariado que puede ser direccionado directa o indirectamente por lo cognitivo, la lógica, las teorías o fundamentos y las preguntas o hipótesis del investigador (Cerón-Muñoz & Barrios, 2019; Pérez, Medrano & Sánchez, 2013; Ruiz, Pardo & San Martín, 2010). Un TAM de Davis (1989), desde el modelo de ecuaciones estructurales, puede ser representado como se indica en la Figura 1, donde los rectángulos indican las variables observadas o medibles (VO) y los óvalos las variables latentes (VL); el tipo de relación entre dos variables está representado con flechas en uno o dos sentidos. Las VL pueden ser exógenas o endógenas, las exógenas son aquellas que no reciben la influencia de otras VL (ejemplo: UP, FU), de lo contrario es considerada endógena (ejemplo: A e I). La valoración de relaciones entre variables se

denomina cargas factoriales (Aráuz, 2015; Rosseel, 2012). Cuando una variable afecta directamente a otra se denomina carga factorial directa (ejemplo UP con la A); cuando hay otras relaciones indirectas, la carga factorial está dada por el producto de la carga factorial directa y las cargas factoriales indirectas (ejemplo: la UP influye indirectamente sobre la I, porque la UP influye en la A y la A influye sobre la I).



**Figura 1.** Modelo de adopción tecnológica, propuesto por Davis.

Fuente: Davis, 1986.

El objetivo de este estudio fue determinar la intención de adopción de tecnologías en pasturas, crianza de terneras, manejo de raciones y monitoreo de hatos por parte de productores del norte y oriente de Antioquia.

## 2. Materiales y métodos

El proyecto colombo holandés de capacitación y desarrollo de negocios en lechería DairyCaB se desarrolló en una cooperación entre el sector privado y público de Colombia y Holanda, con el objetivo de aumentar el rendimiento de las granjas lecheras en Colombia y el suministro de leche a la industria local, por medio de la adopción de innovaciones técnicas en diferentes áreas de intervención. Este proyecto fue finan-



ciado por la Agencia Empresarial Holandesa RVO y desarrollado por la Universidad de Antioquia, la Universidad de Wageningen y las empresas privadas Sáenz Fety, Eurofins y Barenbrug.

La coordinación general estuvo a cargo de la Universidad de Wageningen, por medio de Wim Houwers y Bram Wouters, con la supervisión de Lucia Kaal y el apoyo técnico de Ronald Zom. Por parte de la Universidad de Antioquia, el profesor Mario Fernando Cerón Muñoz ejerció el papel de coordinador y, como apoyo técnico, participaron los profesionales y los docentes Liliana Mahecha Ledesma, Joaquín Angulo Arizala, Marisol Medina Sierra, Silvio Ayala Lopera, Ricardo Rosero Noguera y José Fernando Guarín, quienes aportaron sus conocimientos en el área de la lechería para la implementación y adaptación de las tecnologías y realizaron los procesos de capacitación.

El coordinador por parte de la empresa Sáenz Fety fue Alejandro Sáenz y la asistencia técnica y capacitación dentro del proyecto la prestaron profesionales del sector con amplia experiencia, entre ellos: Raúl Rojas, Esteban Valencia, Paula Franco, Santiago Restrepo y Angélica Peña. De la empresa Eurofins ejerció como coordinador Han van de Goor y como supervisor Martin Vervoort; finalmente, por parte de Barenbrug, el coordinador fue Michael Hales y supervisó Frank Barenbrug.

El proyecto contempló tres fases. La fase 1 (*inception*) contempló la etapa de relaciones entre las entidades universitarias y las empresas de los dos países; se definieron sus roles, compromisos y estrategias para la funcionalidad del proyecto, así como las líneas de intervención, los predios y el plan de trabajo para las dos fases siguientes. La fase 2 (*innovation, demonstration, testing and dissemination*), de demostración y prueba, consistió en la implementación de las innovaciones técnicas en tres sistemas de producción: la hacienda La Montaña con un área apro-

ximada de 35.42 ha, ubicado en el Municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, propiedad de la Universidad de Antioquia (N6°26'49; W75°32'37; 2467 msnm); la hacienda Ovejas, con área aproximada de 179.9 ha, propiedad de Inversiones Malabar (N6°23'13; W75°38'57 ;2635 msnm), ubicada también en San Pedro de los Milagros, y la finca La Gaviota con área de 10.72 ha aproximadamente y propiedad de Álvaro Botero (N5°57'17; W75°22'50; 2510 msnm), ubicada en el municipio de La Unión, Antioquia. La implementación de las innovaciones partió del estudio previo de las condiciones de los predios y de la concertación de actividades con los propietarios. Esto permitió adaptar los procesos, los cuales fueron descritos y evaluados para generar protocolos. La fase 3 fue la capacitación, se utilizaron los tres sistemas productivos como fincas demostrativas y aulas de clase para técnicos y productores de la región.

A continuación se describen las innovaciones que fueron definidas en la fase 1.

## 2.1 Mejoramiento de pasturas

Para el mejoramiento de las pasturas utilizadas para el pastoreo del ganado en producción de leche se utilizaron tres alternativas: implementación de pasto ryegrass, implementación de asociación de pastos ryegrass y kikuyo y renovación de pasto kikuyo en las tres fincas de demostración. En el caso de la hacienda La Montaña se realizó la implementación de estas alternativas como pasturas tradicionales y en sistemas silvopastoriles (Figura 2 y Tabla 1).

Como resultado se generaron los protocolos para la implementación, manejo, fertilización y monitoreo de cada una de estas alternativas; además se realizaron procesos de demostración y disseminación de estas



**Tabla 1. Intervención de los potreros de las fincas del proyecto DairyCab**

Predio	Tipo de intervención	Topografía	Área (ha)
La Montaña	Establecimiento de ryegrass	Semiondulada	2,57
		Pendiente	1,13
		Ondulada	0,54
	Sistema silvopastoril con asociación ryegrass/kikuyo	Semiondulada	0,53
	Sistema silvopastoril con kikuyo renovado	Plana	0,44
		Pendiente	1,66
	Sistema silvopastoril con ryegrass	Ondulada	0,41
		Semiondulada	0,62
		Pendiente	0,72
		Ondulada	0,46
Plana		0,47	
Ovejas	Establecimiento de ryegrass	Plana	4,9
	Establecimiento de asociación de ryegrass con kikuyo	Plana	4,34
		Ondulada	1,46
	Renovación de kikuyo	Pendiente	1,9
Gaviota	Establecimiento de pasto ryegrass	Pendiente/Plana	0,38
	Establecimiento de asociación ryegrass/kikuyo	Pendiente/Plana	0,37
	Renovación de kikuyo	Pendiente/Plana	0,33

Fuente: Proyecto DairyCab



**Figura 2.** Mejoramiento de praderas de kikuyo, establecimiento de ryegrass y sistemas silvopastoriles implementados en el programa DairyCab.

Fuente: Proyecto DairyCab

alternativas durante su implementación. Este componente tenía como finalidad demostrar la importancia de la renovación de pasto kikuyo en zonas de fácil y difícil mecanización, teniendo en cuenta la topografía del terreno a renovar, la disponibilidad de maquinaria en el sector y el establecimiento de pasto ryegrass solo y en asociación con kikuyo. Para esto se tuvo en cuenta la evaluación del éxito de su establecimiento, la forma en que se deben hacer las primeras cosechas de acuerdo con el anclaje del pasto al suelo y la necesidad y las buenas prácticas para implementar sistemas silvopastoriles con arbustos de botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) como especie forrajera de porte mediano para el consumo por parte de los animales y árboles de aliso (*Alnus acuminata*) para el estrato alto y kikuyo o ryegrass.

Se seleccionaron las especies para los sistemas silvopastoriles de acuerdo con los siguientes criterios: el botón de oro fue elegido por su alta calidad nutricional, rusticidad, adaptabilidad y efecto de protección de la fertilidad del suelo, además de su capacidad de recuperación después de cada pastoreo. El aliso fue elegido por ser un árbol maderable no forrajero que tiene efectos de protección de la fertilidad del suelo y



genera un sombrero moderado que no afecta el acceso a la luz solar de la pradera. Los protocolos de capacitación tuvieron en cuenta la forma de seleccionar el terreno para la intervención, los procesos de labranza, análisis físico-químico del suelo y plan de fertilización, el proceso de siembra y el monitoreo de las praderas.

## 2.2 Cría de terneras y novillas

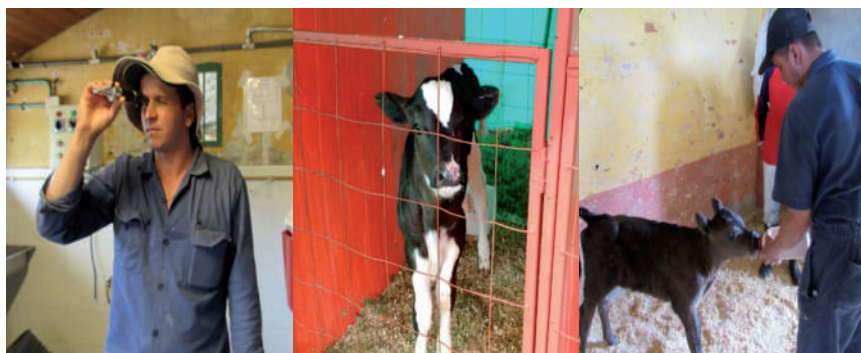
Como parte del manejo adecuado de las terneras se elaboró un protocolo para la crianza de terneras y novillas. Se siguieron pautas como el uso de calostro de buena calidad dentro de las primeras horas de vida para asegurar una buena transferencia de inmunidad y el uso de alojamientos adecuados para las terneras recién nacidas, con lo que se pretende proteger las terneras de climas adversos y reducir la aparición de enfermedades (Figura 3).

El propósito de este componente era demostrar que las terneras constituyen el futuro productivo de la granja y que un buen cuidado en esta etapa influye en la precocidad sexual, el éxito y la vida productivos. Este protocolo contenía información para el cuidado de las terneras desde el momento del nacimiento hasta el momento del primer servicio, con el fin de protegerlas de factores ambientales que pudiesen afectarlas y lograr así un desarrollo adecuado y precoz. En este protocolo uno de los principales temas de manejo fue la implementación de un programa de almacenamiento de calostros de buena calidad, evaluada con un refractómetro de grados brix, con el fin de suministrarlo para el correcto encaastro de terneras recién nacidas dentro de las dos primeras horas de vida, garantizando una exitosa transferencia de inmunidad.

Dentro del proyecto se realizó un ensayo de cría de terneras usando un reemplazador lácteo, con el fin de determinar si las terneras alcanzaban



un desarrollo adecuado con este tipo de alimentación. Este reemplazo tiene ventajas como ofrecer un alimento inocuo y con una composición nutricional constante, además de que se evita el uso de leche de retiro o en mal estado. Se realizó un seguimiento de las ganancias de peso de las terneras y las novillas y sus resultados fueron indicados a los participantes de las capacitaciones.



**Figura 3.** Manejo de terneras en el programa DairyCab

Fuente: Proyecto DairyCab

## 2.3 Mejora de alimento y raciones

Este componente se realizó con expertos en nutrición que formulaban el alimento concentrado (en el caso de la hacienda La Montaña, en la que se fabrica el concentrado para la finca) y el balanceo de las raciones de acuerdo con las necesidades de las vacas, los análisis bromatológicos de materias primas, pastos, alimento concentrado y suplementos ofrecidos a los animales. Para las vacas en producción de leche, el balanceo de la ración se realizó teniendo en cuenta variables como tercio de lactancia, producción y calidad de leche y requerimientos para mantenimiento (con el fin de que la ración formulada permitiera cubrir sus requerimientos sin llegar a excesos en los nutrientes, lo cual podría causar problemas metabólicos en los animales). En el caso de terneras y



novillas se realizó el balanceo de raciones teniendo en cuenta la edad y la condición corporal.

En esta innovación se demostraba la importancia de formular raciones individuales para vacas en producción, pues son factores inherentes a cada vaca los que determinan sus requerimientos. Para balancear la ración es fundamental conocer la composición química de cada alimento que se ofrece a los animales, por lo que resulta necesario realizar análisis bromatológicos de los alimentos (forrajes, concentrado, materias primas, ensilajes y otros suplementos que puedan suministrarse). De esta manera, la formulación de la ración se realiza de acuerdo con la composición química y aporte de nutrientes de cada material.

A partir de la experiencia obtenida con el mejoramiento de las raciones para la alimentación animal se elaboró una *fact sheet* (hoja informativa) sobre el tema de manejo de raciones, integrada al análisis de composición química de los alimentos por metodología de espectroscopia de infrarrojo cercano, NIRS por sus siglas en inglés. Esto teniendo en cuenta que para realizar una adecuada formulación del alimento concentrado y balanceo de la ración es indispensable conocer la calidad nutricional de las praderas y materias primas o alimentos concentrados.

Los bromatológicos se realizaron por metodología de NIRS en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Antioquia, en convenio con la empresa Eurofins, para realizar el montaje y calibración de un sistema de muestreo que permitiera analizar la composición química de múltiples materiales (pastos y forrajes, alimento concentrado y silos). Las muestras llegaban al laboratorio para su procesamiento (Figura 4) y para generar el espectro infrarrojo de la muestra, el cual se enviaba por medio electrónico al laboratorio de Eurofins en Holanda para su análisis, ya que esta empresa contaba con las calibraciones necesarias y una

base de más de 50 millones de datos. El laboratorio de Nutrición Animal prestó el servicio de análisis, por medio de NIRS y de otras metodologías, de pastos y forrajes (materia seca, cenizas, materia orgánica digestible, proteína cruda soluble, extracto etéreo, azúcares, fibra de detergente neutro, fibra de detergente ácido y lignina), concentrados (proteína bruta, fibra cruda, cenizas, almidón, humedad y extracto etéreo) y silos (todos los parámetros de los materiales anteriores y los valores de energía, valor relativo del alimento, ácidos butírico, acético y láctico, pH, proteína degradable en rumen y proteína no degradable en rumen).



**Figura 4.** Muestras de pasto y equipo NIRS para la generación de los espectros del proyecto DairyCab

Fuente: Proyecto DairyCab

## 2.4 Monitoreo de hatos

Este componente fue transversal a los anteriores y consistió en el manejo de registros de producción, calidad de praderas, asesoramiento remoto, tabulación y análisis de información de múltiples factores que afectan los sistemas productivos (Figura 5). Con el monitoreo de hatos se procuró demostrar la importancia del uso y análisis de información para la toma de decisiones.



Para efectuar el monitoreo de los sistemas se tomaron registros de actividades y eventos que sucedieron dentro de los sistemas productivos, como uso y caracterización de potreros, eventos relacionados con los animales (crecimiento, productivos, reproductivos, genealógicos, sanitarios, inventarios de medicamentos, calidad de leche, entre otros), eventos ocurridos en las pasturas (edades de corte, crecimiento, bromatológicos, presencia de plagas, cálculo de biomasa en los potreros, fertilizantes, entre otros) y en el uso del suelo, eventos climáticos y eventos contables y administrativos asociados al sistema de producción. El monitoreo consideró una línea base de los parámetros del sistema con constante evaluación a medida que se generaba la implementación de una nueva innovación. Los cambios en los parámetros por las innovaciones permitieron evaluar su influencia en el sistema, su relación costo-beneficio, su apoyo a la optimización de procesos, sus riesgos y sus impactos ambientales, técnicos y en el recurso humano.

Se elaboraron dos *fact sheets* sobre monitoreo de hatos, una de ellas abarcó generalidades del monitoreo de hatos, su definición, ejemplos de herramientas aplicables en los sistemas productivos y sus costos de implementación; la otra contenía herramientas para el monitoreo y control de praderas y los beneficios de estas actividades al sistema productivo.

Como principales resultados de las innovaciones implementadas se obtuvo una reducción de la fertilización nitrogenada en praderas establecidas con pasto ryegrass, reducción del costo del concentrado por la reducción del porcentaje de proteína para vacas en pastoreo de ryegrass y la diversificación de las especies forrajeras usadas en los sistemas productivos. Se promovió el uso de calostro y de adecuadas prácticas en la crianza de terneras y levante de novillas y el monitoreo de factores que pueden afectar la productividad del hato, como herramienta para la toma de decisiones oportunas.



**Figura 5.** Uso de pruebas y sensores para el monitoreo de hatos en el programa DairyCab

Fuente: Proyecto DairyCab

## 2.5 Difusión y capacitación

Con la información colectada sobre la implementación de las innovaciones y los resultados obtenidos se generaron protocolos y *fact sheets* como material didáctico. La programación de los eventos consistió en capacitaciones para productores, técnicos, estudiantes y docentes, dictadas por profesionales de la Universidad de Antioquia, Casa Toro y Sáenz Fety. En estas charlas las personas tenían la posibilidad de preguntar, opinar y contar sus experiencias sobre los temas vistos. Las capacitaciones incluían recorridos por las instalaciones de las fincas demostrativas en los que las personas podían observar la aplicación en campo del conocimiento teórico recibido en las charlas; de esta manera se dio a conocer la utilidad, aplicabilidad, ventajas e implicaciones de la implementación y mantenimiento de cada una de las innovaciones técnicas adaptadas y validadas en el proyecto (Figura 6).

Después de realizar cada proceso de capacitación se realizaron encuestas a los productores asistentes con preguntas en forma de premisas con opciones de respuesta en escala tipo Likert con valores de 1 (to-



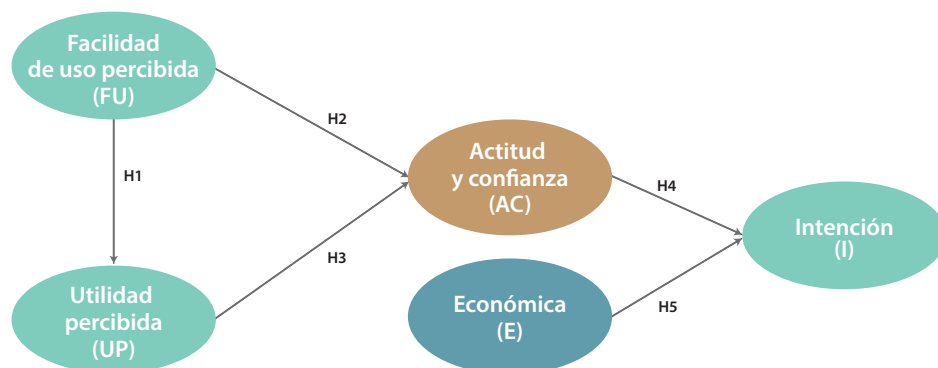
**Figura 6.** Proceso de capacitación en el programa DairyCab

Fuente: Proyecto DairyCab

talmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). Estas preguntas buscaban reflejar la percepción sobre la UP y FU de las innovaciones tecnológicas propuestas, la actitud y confianza (AC) hacia la adopción, la capacidad económica de cada productor para realizar la implementación y la intención de adoptar estas tecnologías, siguiendo un modelo TAM adaptado de Davis (1989).

Se analizaron 87 encuestas de 39 productores mediante un análisis factorial confirmatorio de un modelo de ecuaciones estructurales (SEM), usando la librería lavaan (Rosseel, 2012) del software estadístico R-project (R Core Team, 2020). El modelo fue especificado con base en un modelo TAM (Figura 1) con 16 variables observadas, las cuales reflejaban cinco variables latentes. Se plantearon relaciones de incidencia entre variables latentes, como se indica en la Figura 7.

Se tuvieron cinco hipótesis en el modelo de aceptación tecnológica: H1: la facilidad de uso percibida incide sobre la utilidad percibida; H2: la facilidad de uso percibida incide sobre la actitud y confianza; H3: la utilidad percibida incide sobre la actitud y confianza; H4: la actitud y confianza incide sobre la intención y H5: el factor económico incide sobre la intención. Se obtuvieron los valores predichos para las variables del modelo



**Figura 7.** Variables latentes del modelo de aceptación tecnológica

Fuente: adaptado de Davis (1989)

y se realizó un análisis de varianza para determinar si existían diferencias significativas entre el tipo de innovaciones.

Adicionalmente, se desarrollaron talleres de retroalimentación para los técnicos que participaron en las capacitaciones con el fin de conocer las opiniones y sugerencias que pudieran tener acerca de las tecnologías aplicadas en el proyecto.

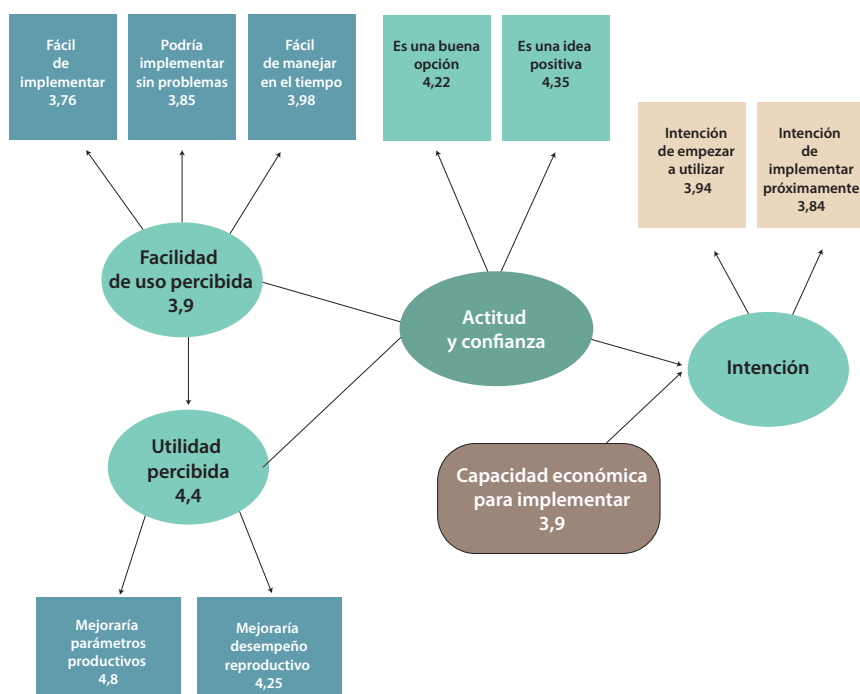
### 3. Resultados y discusión

Fue necesario re-especificar el modelo teniendo en cuenta la significancia de la VO y de los parámetros de bondad de ajuste. Se obtuvo entonces un modelo con 9 variables observadas que reflejaban cuatro variables latentes (FU, UP, AC e I) y una variable observada (económica), las cuales incidieron sobre la I (Figura 8). Se tuvo una consistencia interna dentro de las variables latentes adecuada, en la que el alpha de Cronbach fue de 0,82, 0,85, 0,86 y 0,90 para FU, UP, AC e I, respectivamente, lo cual demuestra que las variables observadas sí reflejaron conjuntamente a



su variable latente. Adicionalmente, el modelo tuvo un buen ajuste, con valores de NFI de 0,93, NNFI de 0,98, CFI de 0,98 y RMSEA 0,05, lo cual indicó que los datos observados reflejaron las asociaciones de variables observadas y latentes, así se dan por aceptadas las cinco hipótesis planteadas ( $p < 0,05$ ).

Se calcularon los valores predichos y se encontró que la FU percibida por los productores sobre las tecnologías propuestas durante los procesos de capacitación fue de 3,9. Esto indica que los productores consideraron que estas tecnologías requieren un esfuerzo moderado para su implementación y uso.



**Figura 8.** Cargas factoriales (valores de las flechas) y calificaciones promedio de las variables del modelo de adopción de tecnologías en producción lechera en el Norte y Oriente de Antioquia, Colombia.

Fuente: Proyecto DairyCab



Para la UP percibida se obtuvo un valor predicho de 4,4, lo que indicó que los productores consideraron que las tecnologías presentadas durante los procesos de capacitación les serían útiles para mejorar el desempeño de sus fincas.

Se encontró que la actitud y confianza hacia la adopción de las tecnologías obtuvo un valor predicho de 4,3, lo que muestra una actitud positiva y de confianza hacia la realización del proceso de adopción. La facilidad de uso y la utilidad percibida tuvieron una incidencia alta sobre este factor, con cargas factoriales totales de 0,34 y 0,57, respectivamente. Estas cargas positivas y altamente significativas ( $p < 0.01$ ) concuerdan con lo encontrado por Robey (1979) y Schults & Slevin (1975), citados por Fernández (2015), para quienes la utilidad percibida estaba fuertemente relacionada con el uso real del sistema.

En cuanto al factor económico, se obtuvo un valor predicho de 3,9, que evidencia que para los productores encuestados las tecnologías implican un costo que podría ser asumido con algo de dificultad. Este factor podría ser afectado, según Bewley et al. (2010) y Cáceres (1995), por la forma en que la inversión en los sistemas de producción de leche en países en desarrollo como Colombia se ve limitada por la incertidumbre en los mercados y en el beneficio económico que podrían percibir de la inversión.

El valor predicho para la intención de adopción fue estimado en 3,9 y estuvo influenciado principalmente por la actitud y confianza hacia la adopción (con una carga factorial de 0,52) y en segundo lugar por el factor económico (con carga factorial de 0,45). Lo anterior indicaría que existe una intención de adopción basada más en la actitud y confianza generada a partir del criterio sobre la utilidad y la facilidad de uso de las tecnologías, que en las implicaciones económicas que puede tener la



implementación de tecnologías. Este comportamiento puede deberse a que las condiciones de mercado y de productividad de cada sistema son determinantes en los procesos de adopción, por lo que no solo depende de las condiciones económicas del acceso a la tecnología (Barrios, Restrepo-Escobar & Cerón-Muñoz, 2016).

Los logros alcanzados demostraron que la Universidad de Antioquia, desde la academia y con su imparcialidad al momento de probar y dar un veredicto sobre las tecnologías implementadas en el proyecto, motivó a las empresas a autoevaluarse y reestructurarse con el fin de ofrecer productos y servicios con mayor impacto y beneficio para la comunidad. Al mismo tiempo, la universidad también fue motivada a replantear y cambiar la percepción que tiene de las empresas y de la comunidad, en el sentido de que los proyectos deben ser construidos conjuntamente —teniendo en cuenta las necesidades sentidas de los usuarios y los retos empresariales— y bajo criterios de coherencia, pertinencia, beneficio mutuo y armonía con los territorios.

Al interior de la Universidad de Antioquia se generaron cambios y articulaciones, pues los profesores de diferentes líneas se unieron para aportar a un mismo fin, con lo que se demostró que las áreas de estudio no son aisladas y que es la articulación entre ellas la que forma profesionales integrales para el beneficio de la comunidad. Además, se puso en evidencia que la gran beneficiada de las relaciones establecidas y el fortalecimiento de los demás actores involucrados es la comunidad.

## 4. Conclusiones

Los productores del sector lechero del norte y oriente antioqueño tienen la intención de adoptar las tecnologías para el mejoramiento en pasturas, crianza de terneras, manejo de raciones y monitoreo de hatos.

Su intención depende de la confianza en que esa tecnología va a funcionar, de su alcance económico, de su utilidad y de su facilidad de uso. El proceso de adopción tecnológica es exitoso cuando el productor tiene acceso a información verídica e imparcial. Por consiguiente, la articulación de universidad, empresa y Estado para generar espacios demostrativos genera confianza en el uso y funcionamiento de las tecnologías.

## 5. Agradecimientos

Este capítulo se realizó gracias al desarrollo de las actividades del proyecto colombo-holandés de capacitación y desarrollo de negocios en lechería “DairyCaB”, un convenio entre Wageningen Livestock Research, Wageningen University & Research, la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia y las empresas Sáenz Fetty S.A.S., Barenbrug y Eurofins, con recursos del Ministerio de Asuntos Exteriores de Holanda administrados por la Agencia de Empresas de Holanda-RVO. Las fotografías y diseños hacen parte del acervo del proyecto y fueron tomadas por Mateo Vargas, Jhon Hoyos, Jharé Taborda, Mario Cerón, José Guarín y profesionales de la empresa Sáenz Fety.

## 6. Referencias

- Ajzen, I. (1985). From intention to actions: A theory of planned behavior. In: Kuhland J, Beckman J, eds. *Action Control*. SSSP Springer Series in Social Psychology. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2)
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Aráuz, A. F. (2015). Aplicación del análisis factorial confirmatorio a un modelo de medición del rendimiento académico en lectura. *Ciencias Económicas*, 33(2), 39-66. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/view/22216>
- Asoleche. (2017). Perspectivas del sector lácteo. Colombia. Disponible en: <https://asoleche.org/2017/07/18/perspectivas-del-sector-lacteo-parte-ii/>



- Barrios, D., Restrepo-Escobar, F. J. & Cerón-Muñoz, M. F. (2016). Antecedentes sobre gestión tecnológica como estrategia de competitividad en el sector lechero colombiano. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28(7), Article # 125. <http://www.lrrd.org/lrrd28/7/barr28125.html>
- Bewley, J. M., Boehlje, M. D., Gray, A. W., Hogeveen, H., Kenyon, S. J., Eicher, S. D. and Schutz, M. M. (2010). Assessing the potential value for an automated dairy cattle body condition scoring system through stochastic simulation. *Agricultural Finance Review*, 70(1), 126–150. <https://naldc.nal.usda.gov/download/49122/PDF>
- Cáceres, D. M. (1995). Pequeños productores e innovación tecnológica: un abordaje metodológico. *AgroSur* 23(2): 127-139. [https://www.researchgate.net/publication/234003495\\_Pequenos\\_Productores\\_e\\_Innovacio\\_Tecnologica\\_Un\\_Abordaje\\_Metodologico](https://www.researchgate.net/publication/234003495_Pequenos_Productores_e_Innovacio_Tecnologica_Un_Abordaje_Metodologico)
- Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). (2018). ¿Cómo va el sector lácteo? Bogotá (Colombia). <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-Lacteo-de-Bogota-Region/Noticias/2018/Julio-2018/Como-va-el-sector-Lacteo>
- Carulla, J. E. & Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2), 83-87. [https://www.researchgate.net/publication/317017699\\_Sistemas\\_de\\_produccion\\_lechera\\_en\\_Colombia\\_Retos\\_y\\_oportunidades](https://www.researchgate.net/publication/317017699_Sistemas_de_produccion_lechera_en_Colombia_Retos_y_oportunidades)
- Cerón-Muñoz, M. F. & Barrios, D. (2019). Agricultura de precisión: una contribución a la gestión de los agronegocios desde la modelación. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 32, sup (2019), 7–13 <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/340326>
- Davis, F. D. (1986). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results. Tesis Doctoral. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge (Massachusetts), pp. 291
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <http://www.researchgate.net/publication/200085965>
- Fernández, C. P. (2015). Análisis de los factores de influencia en la adopción de herramientas colaborativas basadas en software social. Aplicación a entornos empresariales. Tesis Doctoral. Escuela técnica superior de ingenieros industriales. Madrid, pp. 308. [http://oa.upm.es/38119/1/PEDRO\\_FERNANDEZ\\_CARDADOR.pdf](http://oa.upm.es/38119/1/PEDRO_FERNANDEZ_CARDADOR.pdf)

- Fernández, M. K., Vallejo, A. & McAnally, S. M. (2015). Apropiación tecnológica: una visión desde los modelos y las teorías que la explican. *Perspectiva Educacional*, 54(2), 109-125. <http://www.perspectivaeducacional.cl/index.php/peducacional/article/viewFile/331/167>
- Hyland, J., Heanue, K., McKillop, J. & Micha, E. (2018). Factors underlying farmers' intentions to adopt best practices: The case of paddock based grazing systems. *Agricultural Systems*. 162, 97-106 <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.01.023>
- Pérez, E. M., Medrano, L. A. & Sánchez, J. (2013). El Path Analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento* 5(1): 52 - 66. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/racc/article/view/5160>
- Peña, E. S., Ramírez, R. G., Osorio, G. J. (2015). Evaluación de una estrategia de fidelización de clientes con dinámica de sistemas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 14 (26), 87-104.
- Ramírez, I., Reyes, B. & Garzón, J. (2015). Innovación tecnológica en el sector agropecuario. Universidad Técnica de Machala. Machala, pp. 134.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations*. 5ta ed. New York: Free Press
- R Core Team (2020). *R: A Language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/foundation/>
- Ruiz, M. A., Pardo, A. & San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 34 - 45. <https://www.redalyc.org/pdf/778/77812441004.pdf>
- Rosseel, Y. (2012) lavaan: An R package for structural equation modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>
- Yong, V. A., Rivas, T. L. & Chaparro, J. (2010). Modelo de aceptación tecnológica (TAM): Un estudio para de la influencia de la cultura nacional y del perfil del usuario en el uso de las TIC. *INNOVAR Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 20(36), 187-203.

En este libro se recopilan experiencias en el uso de enfoques metodológicos cualitativos como teoría fundamentada, análisis de conversación, análisis de textos, estudios cualitativos de caso e historias de vida. También se recogen experiencias sobre revisiones sistemáticas o metanálisis como investigaciones científicas basadas en estudios originales primarios, sobre el uso de técnicas de análisis multivariado, de sistemas de ecuaciones estructurales (SEM), de metodologías educativas, de formación y capacitación y de metodologías de extensión.

Se espera que el libro inspire a los docentes a mejorar sus capacidades para la generación de nuevo conocimiento a partir de la sistematización de sus experiencias en abordajes metodológicos innovadores para la investigación.