

Colección Análisis y Reflexiones en torno al Sector Agropecuario

TIC para la investigación, desarrollo e innovación del sector agropecuario

Diego Hernando Flórez Martínez
Claudia Patricia Uribe Galvis

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Análisis y Reflexiones en torno al Sector Agropecuario

TIC para la investigación, desarrollo e innovación del sector agropecuario

Diego Hernando Flórez Martínez

Claudia Patricia Uribe Galvis

AGROSAVIA
EDITORIAL

Mosquera, Colombia, 2018

Flórez Martínez, Diego Hernando

TIC para la investigación, desarrollo e innovación del sector agropecuario/ Diego Hernando Flórez Martínez y Claudia Patricia Uribe Galvis. – Mosquera, (Colombia) : Agrosavia, 2018.

136 páginas -- (Colección Análisis y Reflexiones en torno al Sector Agropecuario)

Incluye referencias bibliográficas y datos numéricos

ISBN e-Book : 978-958-740-263-6

1. Agricultura 2. Tecnologías para la información y la comunicación (TIC) 3. Intercambio de información 4. Procesamiento de datos 5. Gestión de la información 6. Sistemas de apoyo a las decisiones I. Uribe Galvis, Claudia Patricia.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AGROSAVIA - Sede Central
Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera,
código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es resultado del macroproyecto de AGROSAVIA N° 185, "Apoyo a la estrategia de fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial (SNCTA)", transversal a las redes de innovación de AGROSAVIA.

Colección: Análisis y Reflexiones en torno al Sector Agropecuario
Fecha de recepción: 14 de agosto de 2017
Fecha de evaluación: 25 de octubre de 2017
Fecha de aceptación: 10 de enero de 2018

Publicado noviembre de 2018
Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Editora: Liliana Gaona García
Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Diseño: Oficina Asesora de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas, AGROSAVIA



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Citación sugerida: Flórez-Martínez, D. H. & Uribe-Galvis, C. P. (2018). *TIC para la investigación, desarrollo e innovación del sector agropecuario*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

A partir de mayo de 2018, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria cambió su acrónimo Corpoica por AGROSAVIA.

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co

Agradecimientos	13
Introducción	15
Capítulo I	
Contexto TIC en Colombia	21
Normatividad e institucionalidad	21
Indicadores clave	26
Capacidades nacionales en TIC	29
Contexto TIC en 2016	31
Capítulo II	
Las TIC en agricultura para el contexto colombiano	35
Capítulo III	
Orientaciones de las TIC en agricultura	41
Aporte de las TIC al sector agropecuario	43
Demandas sectoriales contra la oferta TIC	45
Incremento en la productividad de los sistemas pecuarios, agrícolas y acuícolas	45
Fortalecimiento y promoción de organizaciones de pequeños productores (asociatividad)	46
Fortalecimiento de servicios gubernamentales para el sector agropecuario con TIC	48
Demanda actual de tecnologías y servicios	48
Oferta actual de tecnologías y servicios	48
Fortalecimiento de la extensión agropecuaria	49

Demanda actual de tecnologías y servicios	49
Oferta actual de tecnologías y servicios	49
Fortalecimiento del mercadeo de agronegocios y acceso a servicios financieros	51
Demanda actual de tecnologías y servicios	51
Oferta actual de tecnologías y servicios	51
Tecnologías específicas	52
Las TIC y los modelos organizacionales del sector agropecuario	53
Las TIC como herramientas para la conformación de sistemas nacionales de innovación sectoriales	56

Capítulo IV

Investigación TIC para el sector en el ámbito mundial	61
Dinámica y referentes	64
Expertos por temas específicos	69

Capítulo V

Investigación TIC para el sector en el ámbito nacional	73
Directrices	74
Dinámica y referentes	76

Capítulo VI

Casos de éxito TIC-agro	79
Contexto externo	79
Contexto interno	83
Cubo de datos	84

Programa de monitoreo de usos agropecuarios en Colombia	85
Otros casos	86
Capítulo VII	
Mapa de actores	91
Capítulo VIII	
Análisis estratégico	99
Problemáticas en TIC	99
Líneas de acción para proyectos de CTel	101
Oportunidades y limitaciones	102
Capítulo IX	
Lineamientos estratégicos	109
Insumos de base	109
Estrategias consolidadas	114
Conclusiones: escenario prospectivo de las TIC para el sector agropecuario	123
Gobernanza e institucionalidad	123
Investigación, desarrollo e innovación	124
Transferencia de tecnología y asistencia técnica	124
Capacidades e infraestructura	125
Gestión de mercados y financiación	125
Los autores	127
Referencias	129

Lista de figuras

Figura 1	Bases económicas para una economía digital	31
Figura 2	Demandas TIC por directriz	37
Figura 3	Principales cadenas productivas con demandas en TIC	38
Figura 4	Arcoíris de acceso a infraestructura, accesorios y servicios en TIC	42
Figura 5	Barreras y limitaciones para el acceso a TIC por parte de los productores	44
Figura 6	Modelo de cadena de valor TIC-agro de Deloitte	55
Figura 7	Modelo de integración de las TIC con los sistemas nacionales de innovación (SNI)	58
Figura 8	Niveles de adopción de las TIC en el sector agropecuario	63
Figura 9	TIC como megatendencia en investigación en agricultura y ciencias biológicas: publicaciones científicas 2000-2015. a. Dinámica de publicaciones; b. Países líderes; c. Organizaciones líderes; d. Fuentes de consulta; e. Investigadores líderes	65
Figura 10	Demandas TIC en la Agenda I+D+i por cadena	73
Figura 11	Análisis de actores del sector TIC por tipo de organización	92
Figura 12	Análisis de actores del sector TIC por papel. a. Número de actores por papel; b. Distribución de actores por papel.	93
Figura 13	Análisis de actores del sector TIC por su papel (primario o secundario) en la gestión del conocimiento. a. Número de actores por papel; b. Distribución de actores por papel.	94
Figura 14	Análisis de actores del sector TIC por evaluación de impacto e incidencia. a. Número de actores por impacto e incidencia en la megatendencia; b. Distribución de actores bajo la relación incidencia-impacto	95

Figura 15	Problemáticas en TIC-agro por categoría	100
Figura 16	Incidencia de las problemáticas en el marco de referencia de arquitectura empresarial	101
Figura 17	Estructura base para la construcción de estrategias	115
Figura 18	Análisis de estrategias TIC-agro. a. Estrategias por eje temático; b. Factores habilitantes que promueven el desarrollo de la estrategia; c. Estrategias pectia por objetivos.	121

Lista de tablas

Tabla 1	Marco normativo de las TIC en Colombia	23
Tabla 2	Indicadores TIC en Colombia	26
Tabla 3	Producción intelectual en investigación en Colombia	30
Tabla 4	Demandas de I+D+i agropecuarias en relación con las TIC	36
Tabla 5	Investigadores líderes en TIC para el sector agropecuario	66
Tabla 6	Las TIC como megatendencia de investigación en el sector agropecuario	76
Tabla 7	Casos de éxito de integración TIC-agro	80
Tabla 8	Casos de éxito TIC-agro en Colombia	86
Tabla 9	Oportunidades (O) y limitaciones (L) en TIC-agro	103
Tabla 10	Lineamientos de base por eje temático	109
Tabla 11	Estrategias TIC como soporte a la I+D+i sectorial	116





Agradecimientos

Agradecemos al equipo de la iniciativa TIC y Agro, del Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, y en especial a Fabián Acevedo, por sus aportes y observaciones al proceso metodológico de análisis de la megatendencia TIC para el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (Pectia). De igual manera, agradecemos a los investigadores externos que revisaron y validaron este documento y a los integrantes del Departamento de Articulación Institucional de Agrosavia por su apoyo.



1 CCC 27
ARBOLONA NEGRA
andigena
15060006 In-vitro 56

2 CCC 27
ARBOLONA NEGRA
andigena
15060006 In-vitro 56

3 CCC 27
ARBOLONA NEGRA
andigena
15060006 In-vitro 56

INALGENE

Introducción

Son múltiples los factores que inciden en el consumo de alimentos; entre estos se encuentran la disponibilidad, la accesibilidad y la elección de los alimentos, factores que a su vez pueden verse influenciados por la geografía, la demografía, los ingresos disponibles, la situación socioeconómica, la urbanización, la globalización, la política, la religión, la cultura y las actitudes de los consumidores, así como el mercadeo, la disponibilidad, el acceso y los medios de divulgación de los alimentos, etc.

Según un estudio de tendencia mundial realizado por Michael Boehlje (2001) para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) y la Universidad de Minnesota, las megatendencias en agricultura se enfocan en temas relacionados con el crecimiento económico de la clase media, el valor del dólar (factor que incide sobre la capacidad de compra de los países), la producción de bioenergía y el papel de los tratados de libre comercio (TLC); además, el estudio señala que los costos de producción de la comida están subiendo, hecho ocasionado principalmente por el costo de los insumos, y que el desarrollo biotecnológico va a crecer en importancia. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta por los países para analizar sus capacidades con respecto a la actividad productiva, y para potenciarlas a través de la adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), como la agricultura de precisión¹ o la recolección de datos de cultivo en tiempo real, herramientas diferenciadoras que permiten el desarrollo hacia la productividad y la competitividad sectorial. Las TIC se definen colectivamente como

¹ La agricultura de precisión comprende la adición de nuevas tecnologías e información que permiten una gestión más precisa de los sistemas productivos (Robert, 2002). Es la aplicación de una gestión integral estratégica que utiliza la tecnología de la información para llevar datos de múltiples fuentes e influir en las decisiones asociadas a la producción agrícola, la comercialización, las finanzas y el personal (Olson, 1998). Es un enfoque de manejo total de la unidad productiva basado en el uso de tecnología de la información y las comunicaciones, datos de posicionamiento satelital, detección remota y recopilación de datos proximales, para optimizar el rendimiento productivo y minimizar el impacto ambiental (Joint Research Centre [JRC], Monitoring Agriculture Resources [Mars], Zarco-Tejada, Hubbard, & Loudjani, 2014).

innovaciones en microelectrónica, computación (*hardware y software*), telecomunicaciones y optoelectrónica —microprocesadores, semiconductores, fibra óptica— que permiten el procesamiento y acumulación de enormes cantidades de información, además de una rápida distribución de la información a través de redes de comunicación. La vinculación de estos dispositivos electrónicos, permitiendo que se comuniquen entre sí, crea sistemas de información en red basados en un protocolo en común. Esto va cambiando radicalmente el acceso a la información y la estructura de la comunicación, extendiendo el alcance de la red a casi todo el mundo. (Cobo-Romaní, 2009, p. 305)

Las TIC inciden actualmente en todos los aspectos y ámbitos de la vida cotidiana y de los diferentes sectores sociales en la economía mundial. Sin embargo, la vinculación no se ha producido de forma homogénea. Dada la importancia que han demostrado estas tecnologías en el desarrollo mundial, regional y local, cualquier proyecto de desarrollo en América Latina y el Caribe (ALC) debe incluir un análisis de las TIC, de sus desarrollos, sus vínculos y sus potencialidades (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco], 2013).

En el caso particular del sector agropecuario, la información y la comunicación han estado siempre presentes como una manera de fortalecer las actividades relacionadas con la ganadería, la acuicultura, la agricultura y los agronegocios, en los que el acceso a mecanismos de este tipo les permite a ciertos actores responder preguntas como: ¿cuál es la mejor estrategia de cultivo?, ¿dónde puedo acceder a semillas mejoradas o diferenciadas?, ¿cómo puedo acceder a títulos de tierra?, ¿dónde y a quién se le paga el mejor precio del mercado?, ¿cómo puedo participar en programas de crédito e incentivos del Gobierno?, ¿cuál es la previsión climática para mi zona?, ¿cómo puedo manejar X fertilizante o combatir Y enfermedad o Z plaga? Esto se da en el caso específico en el que a los pequeños productores no les es fácil acceder a estas respuestas y a los medios de información, en un entorno dinámico y cambiante.

Los sistemas, las cadenas y los clústeres de producción se enfrentan a un entorno cada vez más cambiante en cuanto a las variables ambientales y a aquellas acciones que inciden en estos, como la globalización y el crecimiento de los mercados de alimentos, la integración de pequeños productores a las cadenas de abastecimiento, el cambio climático, la variabilidad en los precios de los *commodities* y de productos diferenciados, las deficiencias en la infraestructura rural para el soporte de necesidades básicas y la heterogeneidad

en el acceso a recursos, así como en los servicios financieros y de apoyo o asistencia técnica (extensión agropecuaria). Bajo este panorama, las TIC se convierten en una alternativa para integrar e incrementar la productividad y competitividad de los pequeños productores.

Las TIC en el agro pueden ser generalizadas como equipos, herramientas o aplicaciones que permiten el intercambio de información y datos a través de procesos de interacción y transmisión. Estas abarcan tecnologías desde la radio hasta imágenes satelitales, tecnologías móviles y banca electrónica (*e-commerce* e *e-banca*), que se integran a desarrollos tecnológicos específicos (biotecnología, nanotecnología, productividad, etc.) y cumplen tres características: 1) accesibilidad, 2) asequibilidad y 3) adaptabilidad para la integración con infraestructura, servicios y actores, por lo que dan respuestas a necesidades específicas.

Las temáticas tendenciales en TIC para el sector agropecuario abarcan temas de sistemas expertos para la gestión de residuos pecuarios, sistemas de soporte para la toma de decisiones en cuanto al uso y la gestión de bioinsumos, manejo digital de información geográfica de cultivos, agricultura de precisión, bases de datos para *commodities*, sistemas de toma de decisiones para mecanización de procesos basados en georreferenciación, sistemas de información en seguridad alimentaria y en alertas tempranas epidemiológicas y sistemas de trazabilidad y gestión de la cadena de frío (Orozco & Llano, 2016).

Los temas de base más tratados tienen que ver con *software* de análisis genético, codificación de ADN, modelamiento satelital de cultivos, mapeo genético, sensores inalámbricos para la agricultura y modelamientos de nichos ecológicos. Algunos de los temas emergentes son las estadísticas multinivel para suelos agrícolas, monitoreo de la biodiversidad biológica en zonas de producción agrícola, modelos de toma de decisiones basados en aplicaciones web (como la herramienta para control fitosanitario), modelos de planeación, sistemas de información global para granjas y sistemas acuícolas (Flórez-Martínez & Uribe-Galvis, 2016).

Algunas preguntas de investigación que pueden direccionar los esfuerzos en ciencia, tecnología e innovación (CTeI), en relación con esta megatendencia, son: 1) ¿qué tan alcanzables pueden llegar a ser aspectos como la educación agrícola, la extensión y la movilización y el empoderamiento de los productores

bajo las nuevas perspectivas y oportunidades de las TIC?; 2) ¿cuál es la efectividad de los diferentes sistemas de información al consumidor en cuanto a la elección de productos que lo premien directamente, de manera que se promuevan las prácticas agrícolas, la sostenibilidad ambiental y los sellos diferenciadores?; 3) ¿cómo impactan las TIC en la competitividad y la productividad de los pequeños productores?; 4) ¿qué ejes temáticos deben desarrollarse en TIC para actores específicos?; 5) ¿cuáles deben ser las instancias y los actores para la toma de decisiones y el desarrollo de directrices en TIC para el sector?

El World Bank (2017) establece, en la introducción del documento de su iniciativa de TIC en agricultura, cinco factores que inciden en la promoción de esta megatendencia en pequeños productores:

- Bajo costo y penetrabilidad de la tecnología.
- Herramientas asequibles y accesibles.
- Avances en el almacenamiento e intercambio de datos.
- Modelos de negocio y alianzas público-privadas para el acceso a TIC.
- Democratización de la información, acceso libre y contenidos multimedia sociales (redes).
- Componentes analógicos como soporte a los digitales (p. ej., alfabetización digital) (pp. 6-10).

Estos factores deben propender por la formulación de políticas claras que orienten el desarrollo de actividades de CTel, la generación de negocios, el fortalecimiento de la infraestructura y el acceso a servicios financieros y técnicos, concentrándose en las demandas y requerimientos de las partes y los actores interesados, el uso apropiado de las tecnologías disponibles y requeridas, la focalización en acceso y uso, las orientaciones de cobertura, la integración, el impacto y la diferenciación (p. ej., las perspectivas de género), la articulación de ambientes de innovación para el desarrollo e inversión en infraestructura, los modelos de negocio, los servicios y la extensión, el desarrollo sostenible de agronegocios e inversión en modelamiento a través de alianzas público-privadas, la promoción de liderazgo y la transferencia sostenible.

Finalmente, este trabajo presenta un marco de orientación o diagnóstico para la megatendencia² TIC, específicamente en CTel, a partir del análisis de directrices particulares de los entornos global y local, identificando líneas de

investigación en relación con el contexto particular del sector agropecuario,³ así como referentes nacionales e internacionales que podrían ser vinculados a procesos de socialización, discusión y conformación de apuestas a nivel país.

² Las megatendencias, acorde con Naisbitt (1984), describen cambios del entorno que inciden en factores sociales, tecnológicos, ambientales y políticos que, si bien se desarrollan de manera lenta, emergen súbitamente e influyen actividades, procesos y percepciones, durante largos periodos de tiempo, y direccionan tendencias específicas.

³ Este sector comprende los subsectores agrícola, pecuario, forestal, pesquero y acuícola en sus actividades primarias y de transformación (agroindustria).

Dr. agro

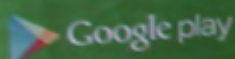
Aliado del asistente técnico agropecuario

- Herramienta de apoyo para la toma de decisiones. No reemplaza el acompañamiento del asistente técnico agropecuario ATA.

- Apoya el reconocimiento de plagas a través de información

- Facilita la consulta de bases de datos nacionales de plagas del ICA.

- Disponible en las tiendas



Bienvenidos

Dr. agro

Asistente técnico agropecuario

Es un software que apoya la toma de decisiones de los asistentes técnicos agropecuarios en el reconocimiento, manejo y control de plagas en diferentes cultivos del país.



El desarrollo de las TIC en Colombia es una respuesta a un entorno dinámico y cambiante en el cual las tendencias mundiales de fortalecimiento de estas tecnologías buscan, de acuerdo con Guerra y Oviedo (2011),

1) consolidación del gobierno en línea, Gobierno como usuario modelo; 2) masificación de la banda ancha; 3) desarrollo de programas de I+D+i en TIC; 4) promoción de la educación en TIC; 5) difusión de las TIC a las empresas; 6) difusión de TIC a individuos y hogares; 7) capacitación basada en TIC para la industria y el trabajo; 8) desarrollo general de contenidos digitales; 9) incentivos a la difusión a través de TIC del contenido informativo del sector público; y 10) soporte de las TIC a los procesos de crecimiento e innovación. (p. 57)

Normatividad e institucionalidad

El sector de las TIC en Colombia tiene como máximo ente rector al Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic), desde el cual se establecen las directrices de política y se soporta la normatividad. Desde 2006 el Gobierno inició una revisión interna del marco normativo para adecuarlo a la dinámica institucional y del mercado, a los rápidos cambios tecnológicos del entorno y a la intensificación del enfoque de política pública que se masifica en los ámbitos económico, social y geográfico.

El documento base del cambio normativo en la política del sector es la Ley de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Ley 1341 de 2009), la cual reconoce que

la promoción del acceso, uso y apropiación de las tecnologías de la información y las comunicaciones, el despliegue y uso eficiente de la infraestructura, el desarrollo de contenidos y aplicaciones, la protección a los usuarios, la formación de talento humano en estas tecnologías y su carácter transversal son pilares para la consolidación de las sociedades de la información y del conocimiento. (artículo 3)

Esta ley contempla aspectos relacionados con principios de mediano y largo plazo con incidencia gubernamental y empresarial, un marco institucional unificado, un marco reglamentario claro y un régimen de transición. Su estructuración tuvo como base las orientaciones que se han dado a nivel mundial sobre convergencia tecnológica, la cual hace referencia a reducción de barreras de entrada, generación de nuevos modelos de negocio, disminución de los costos de prestación de servicios, diversificación de la gama de servicios ofrecidos a los usuarios (Guerra & Oviedo, 2011) y promoción de procesos de consolidación empresarial para que el marco legal cumpla con:

- Oferta de diferentes servicios a través de diferentes plataformas.
- Entornos enfocados en la maximización del bienestar social como ventaja competitiva.
- Servicios múltiples y disminución en los costos de transacción.
- Regímenes integrales en materia de inhabilitación.

Otro aspecto clave es la neutralidad tecnológica,⁴ que se convierte en un elemento clave para acelerar, desde la perspectiva de la gestión pública, la difusión de innovaciones tecnológicas que dinamicen el entorno competitivo del sector de las TIC (Guerra & Oviedo, 2011).

Los pilares claves de la ley son 1) la habilitación de redes y servicios en telecomunicaciones, 2) el acceso y la gestión eficiente del espectro radioeléctrico, 3) la redefinición de la política del servicio universal y 4) el régimen de subsidios.

Bajo el marco legal dispuesto por la ley 1341 de 2009,

Colombia asume el marco conceptual de la Sociedad de la Información y del Conocimiento, en el que se opta por una visión holística según la cual no solo se favorece la provisión de redes y servicios, materializada a través de la construcción y uso eficiente de redes troncales de banda ancha y los servicios innovadores que sobre ellas se soportan, sino que también se complementa con el desarrollo de contenidos y aplicaciones, así como el fomento a procesos de innovación e investigación alrededor de dichas tecnologías. (Guerra & Oviedo, 2011, p. 57)

⁴ Este es un principio normativo y regulatorio según el cual el Estado garantiza “la libre adopción de tecnologías, teniendo en cuenta recomendaciones, conceptos y normativas de los organismos internacionales competentes e idóneos en la materia, que permitan fomentar la eficiente prestación de servicios, contenidos y aplicaciones que usen TIC, garantizando la libre y leal competencia, y que su adopción sea armónica con el desarrollo ambiental sostenible” (Ley 1341, 2009, art. 2). Véase Guerra y Oviedo (2011, p. 14).

En la tabla 1 se sintetizan los decretos, las leyes y los documentos de política pública claves en el sector TIC y afines transversalmente al sector agropecuario.

Tabla 1. Marco normativo de las TIC en Colombia

Documento	Objetivo
Decreto 1078 del 26 de mayo de 2015	Decreto único reglamentario del sector de tecnologías de la información y las comunicaciones
Decreto 1529 del 14 de agosto de 2014	Se establece el régimen de los servicios postales y se dictan otras disposiciones
Decreto 542 del 13 de marzo de 2014	Se reglamentan los artículos 10, 13 y 36 de la Ley 1341 de 2009 y se dictan otras disposiciones. La provisión de redes y servicios de telecomunicaciones queda habilitada de manera general y causa una contraprestación periódica a favor del Fondo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Decreto 223 del 12 de febrero de 2014	Se establecen las condiciones de prestación de los servicios exclusivos del Operador Postal Oficial, se definen las condiciones de prestación del Servicio Postal Universal y se fijan otras disposiciones
Decreto 0032 de 2013	Se crea la Comisión Nacional Digital y de Información Estatal para garantizar la articulación entre todos los sistemas de información del Estado y la efectividad de las políticas del Gobierno nacional en materia de gestión de tecnologías de la información
Decreto 2693 de 2012	Se establecen los lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno en Línea de la República de Colombia, se reglamentan parcialmente las leyes 1341 de 2009 y 1450 de 2011 y se dictan otras disposiciones

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Documento	Objetivo
Decreto 2578 de 2012	Se reglamenta el Sistema Nacional de Archivos, se establece la Red Nacional de Archivos, se deroga el Decreto 4124 de 2004 y se dictan otras disposiciones relativas a la administración de los archivos del Estado
Ley 1734 del 8 de septiembre de 2014	Se aprueba el Acuerdo entre la República de Colombia y la Organización del Tratado del Atlántico Norte sobre Cooperación y Seguridad de Información
Ley 1712 de 2014	Se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones
Ley 1680 de 2013	Se garantiza a las personas ciegas y con baja visión el acceso a la información, a las comunicaciones, al conocimiento y a las tecnologías de la información y las comunicaciones
Ley 1341 de 2009	Se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las TIC, se crea la Agencia Nacional del Espectro y se dictan otras disposiciones
Ley 1369 de 2009	Se establece el Régimen de los Servicios Postales y se dictan otras disposiciones
Conpes 3701 de 2011	Se dictan los lineamientos de política para la ciberseguridad y ciberdefensa
Conpes 3650 de 2010	Sobre la importancia de la estrategia de Gobierno en Línea
Conpes 3651 de 2010	Modificación al documento Conpes 3579 del 25 de marzo de 2009. Se dictan los lineamientos para implementar el Proyecto Satelital de Comunicaciones de Colombia
Conpes 3506 de 2008	Se dicta el lineamiento de política para el fortalecimiento del Servicio Comunitario de Radiodifusión Sonora

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic) (s. f.a) y Mintic (2012)

La institucionalidad del sector TIC está definida por el Decreto 1078 del 26 de mayo de 2015, que establece: 1) la cabeza del sector es el Mintic; 2) los órganos sectoriales de asesoría y coordinación son el Comité Sectorial de Desarrollo Administrativo y la Comisión Nacional Digital y de Información Estatal; 3) las entidades adscritas, o sector descentralizado, son la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC),⁵ la Agencia Nacional del Espectro y el Fondo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y 4) otras entidades, como la Autoridad Nacional de Televisión, Radio Televisión Nacional de Colombia y Servicios Postales Nacionales.

Finalmente, el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2015), establece, en materia TIC:

- El fortalecimiento del desarrollo de *software*, aplicaciones y contenidos digitales con impacto social.
- La definición de una senda de banda ancha regulatoria.
- La cuota de pantalla.
- El fortalecimiento de los canales públicos.
- El plazo y la renovación de los permisos para el uso del espectro radioeléctrico.
- Las funciones de la Agencia Nacional del Espectro.
- Las sanciones en materia TIC.
- Los servicios al ciudadano soportados en estándares, modelos y lineamientos de TIC.

⁵ La CRC es el órgano encargado de promover la competencia, evitar el abuso de posición dominante y regular los mercados de las redes y los servicios de comunicaciones, con el fin de que la prestación de los servicios sea económicamente eficiente y refleje altos niveles de calidad.

Indicadores clave

A nivel nacional, la medición de la eficiencia y el grado de avance de la sociedad de la información se realiza de manera multilateral en los pilares TIC de 1) infraestructura, 2) acceso y uso de hogares, 3) uso en empresas y sector productivo, 4) uso en la educación y 5) gobierno electrónico. En la tabla 2 se presentan los principales indicadores para Colombia en relación con los pilares TIC.

Tabla 2. Indicadores TIC en Colombia

Concepto	Indicador	Valor	Perspectivas
Contexto	Representación del sector en el PIB	3,16 % en 2011	
	Inversión extranjera en el sector frente al total nacional	4,2 % en 2007	
Infraestructura	Porcentaje de suscripciones a telefonía móvil a nivel nacional.	100,4 % en 2013	Comportamiento estable y sostenido
	Porcentaje de suscripciones a internet fijo de banda ancha a nivel nacional	9,0 % en 2013	
	Porcentaje de suscripciones a internet móvil a nivel nacional	8 % en 2013	
	Banda ancha internacional: kilobits (kb) por usuario. Ancho de banda de internet potencialmente disponible por habitante	16,8 en 2012	
	Porcentaje de habitantes que se encuentran en el rango de cobertura de señal de telefonía móvil (sean o no suscriptores)	83,0 % en 2012	

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Concepto	Indicador	Valor	Perspectivas
Acceso y uso en hogares	Porcentaje de hogares con un computador (en uso o no)	38,4 % en 2012	Crecimiento significativo en función del uso de internet en los hogares y aumento continuo en la adquisición de computadores personales
	Porcentaje de hogares con acceso a internet (en uso o no)	32,12 % en 2012	
	Porcentaje de hogares con acceso a internet por tipo de acceso: internet móvil (1); internet fijo (2); internet fijo-móvil (3)	En 2012: 1: 9,9 % 2: 25,1 % 3: 2,8 %	
	Porcentaje en la frecuencia de uso individual de internet en los últimos 12 meses: todos los días de la semana (1); al menos una vez a la semana, pero no todos los días (2); al menos una vez al mes, pero no todas las semanas (3)	En 2012: 1: 46 % 2: 42,6 % 3: 11,3 %	
Indicadores TIC en la educación	Estudiantes por computador en los colegios	15 en octubre de 2013	Oferta de diferentes programas de fomento y vinculación de las TIC en la enseñanza básica y media
	Porcentaje de colegios con acceso a internet	16% en octubre de 2013	
	Porcentaje de alumnos que tienen acceso a internet en el colegio	70 % en marzo de 2012	
	Porcentaje de profesores cualificados en TIC en los colegios	22,17 % en octubre de 2013	

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Concepto	Indicador	Valor	Perspectivas
Gobierno electrónico	Porcentaje de organizaciones gubernamentales con presencia en internet en su propio sitio web o en el sitio web de otra entidad	97 % en marzo de 2013	Liderazgo en la región, tal y como se plasma en el informe del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la División de Administración Pública y Gestión del Desarrollo de las Naciones Unidas (Undesa);
	Porcentaje de organizaciones gubernamentales que ofrecen plataformas de servicios TIC a sus usuarios: web, teléfono fijo, fax y teléfono móvil	100 % en marzo de 2013	además, se confirman los avances del país en el Reporte Global de Gobierno Electrónico 2012 ⁶
	Porcentaje de organizaciones gubernamentales que ofrecen servicios en línea	97 % en marzo de 2013	

Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) (2013)

En el sistema de estadísticas del Plan Vive Digital del Mintic se consolidan, para el sector, los siguientes datos (ColombiaTIC, s. f.):

- Total de suscriptores a internet al primer trimestre de 2015: 10.724.422.
- Suscriptores a internet al primer trimestre de 2015: banda ancha: 5.253.961; banda angosta: 57.148.
- Tipo de acceso a internet al primer trimestre de 2015: internet fijo: 5.311.109; internet móvil: 5.413.313.
- Penetración de internet al último trimestre de 2014: 22,3 %.
- Inversión en tecnologías de la información a junio de 2015: 2,8 % de la inversión nacional total, equivalente a \$ 1.404.054 millones, de los cuales el 25,67 % se destinó a aplicaciones-*software*; el 32,03 %, a infraestructura-*hardware*, y el 42,31 %, a servicios.
- Destinación del total de inversión: 2,2 %, al sector agropecuario; 0,57 %, a ciencia y tecnología.

⁶ Más información sobre este liderazgo puede consultarse en Mintic (2012).

Capacidades nacionales en TIC

El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) ha promovido, desde los programas nacionales de CTeI, la formación del recurso humano, área en la que, acorde con Colciencias (s. f.a), para el programa de electrónica, comunicaciones e informática, se asignaron 167 becas de doctorado equivalentes al 5,5 % del total de becas del país (3.012), en el año 2015

En proyectos de CTeI aprobados y financiados para los años 2010-2013, el programa de electrónica, comunicaciones e informática cuenta con 986 proyectos por \$114.315 millones, equivalentes al 4,7 % de la inversión en todo el país, que corresponde a 2.836 proyectos por \$2.416.907 millones.

En cuanto a centros de investigación propios del programa no se cuenta con un centro reconocido de investigación y desarrollo tecnológico.

En grupos de investigación, en la convocatoria 693 de 2014 de clasificación y reconocimiento de grupos de investigación, de los 3.970 grupos reconocidos, 704 correspondieron a ingeniería y tecnología, lo que equivalió al 17,7 % del total. De estos, 78 se categorizaron en A1, y 61, en A. Por su parte, 201 grupos fueron de las áreas de ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. De los productos desarrollados por estos 201 grupos, el 46 % estuvo basado en la formación de recurso humano; el 32 %, en productos de apropiación social del conocimiento; el 9 %, en productos de desarrollo tecnológico e innovación, y el 14 %, en productos de nuevo conocimiento (Colciencias, s. f.b).

En el sistema de consulta Scopus, de Elsevier,⁷ se registran a la fecha 61.124 publicaciones de Colombia, de las cuales 14.466 tienen que ver con las TIC. La tabla 3 muestra un análisis de esta capacidad productiva.

⁷ Editorial líder en la divulgación de información científica y tecnológica (véase Elsevier.es).

Tabla 3. Producción intelectual en investigación en Colombia

Criterio	Datos
Publicaciones en Colombia	• 61.124 publicaciones: 45.346 artículos indexados, 9.073 actas de conferencia, 2.928 reseñas, 679 notas editoriales, 614 capítulos de libro, 153 artículos <i>in press</i>, 152 estudios breves y 38 libros • Colaboración con otros países como Estados Unidos, España, Brasil, Reino Unido, Francia, México, Alemania, Argentina y Canadá, entre otros • Entidades líderes en número de publicaciones: Universidad Nacional de Colombia (13.893), Universidad de Antioquia (7.419), Universidad de los Andes (5.456), Universidad del Valle (4.789), Pontificia Universidad Javeriana (2.916), Universidad Industrial de Santander (2.439), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (1.379) • Entidades de otros países con las que se colaboró: Lomonosov Moscow State University (1.297), Boston University (1.218), Institut fiziki vysokych energii (1.270), Alikhanov Institute for Theoretical and Experimental Physics (1.220) y Universidade de São Paulo (USP) (1.201)
Publicaciones en áreas TIC	• Ciencias de la computación: 5.294 • Ingeniería: 9.172 • Total: 14.466

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus (s. f.)

Contexto TIC en 2016

Colombia se encuentra inmersa en el contexto actual de la brecha digital, que, acorde con cifras del Banco Mundial (2016), presenta los siguientes datos:

- 6.000 millones de personas sin conexión de banda ancha.
- 4.000 millones de personas sin acceso a internet.
- 2.000 millones de personas sin teléfonos móviles.
- 4.000 millones de personas sin señal digital.

Estos datos conllevan a identificar una brecha que dificulta la expansión de oportunidades económicas a través de las tecnologías digitales, en usos como la comunicación, la obtención de información, el entretenimiento, la educación y el aprendizaje, la banca en línea, la compra de bienes y servicios y ciertos procesos con el Gobierno. El cierre o la disminución de esta brecha obedece no solo a factores digitales propios (infraestructura, soporte tecnológico, recursos de financiación, etc.), sino también a factores analógicos en tres ejes (figura 1).



Figura 1. Bases económicas para una economía digital.

* 1: fase emergente; 2: fase de transición; 3: fase de transformación.

Fuente: Elaboración propia a partir de Banco Mundial (2016)

Esta brecha digital se ve reflejada en términos globales en la productividad, que se ve limitada por el bajo uso de tecnologías de punta. De las 9.137 empresas manufactureras colombianas, el 73,52 % no innovan, el 21,45 % innovan en el mercado local, el 4,75 % son potencialmente innovadoras y solo el 0,22 % innovan para mercados internacionales (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2014). El escalamiento en la productividad en los países emergentes se debe en un 82 % a la incorporación de tecnologías ya existentes y un 18 % a los avances en la frontera del conocimiento que son producto de innovaciones disruptivas. Colombia le apuesta al sector TIC con un presupuesto de \$22 billones para el periodo 2015-2018, lo que refleja un incremento del 10 % frente al periodo 2010-2014 (Banco Mundial, 2016).

Las metas globales en el sector TIC, acorde con el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (DNP, 2015), son:

- Crear 1.400 empresas para la industria TI; un total de 3.200 al finalizar el cuatrienio.
- Tener a 1.500.000 ciudadanos y empresas haciendo uso de la carpeta ciudadana digital.
- Consolidar 4.000 servidores públicos capacitados para fortalecer la gestión TIC en el Estado.
- Contar con 1.145.000-4.589.700 personas capacitadas o sensibilizadas en TIC.
- Lograr un número de 120.000 personas teletrabajando.
- Triplicar las conexiones de internet de banda ancha, pasando de 9.700.000 a 27.000.000 (penetración similar a Bélgica e Italia).
- Que 1.102 municipios cuenten con cobertura tecnológica 4G.
- Tener 1.000 zonas wifi públicas. Contar con un 100 % de cobertura nacional de televisión digital (terrestre y DTH).

Finalmente, los logros alcanzados en el contexto nacional en materia de TIC en el periodo 2010-2015 se resumen en:

- Primera milla: incremento en el número de cables submarinos de cinco a diez.
- Milla intermedia: un 96 % de los municipios conectados a fibra óptica.
- Última milla: el 50 % de hogares conectados, el 74 % de las mipymes conectadas, 6668 kioscos Vive Digital en las zonas rurales y doce millones de conexiones a internet (50 % con presencia web).
- Milla invisible: premio Victoria de la Universidad Católica Santa María La Antigua (USMA) 2010 por buenas prácticas en gestión del espectro.

Las recomendaciones, en este sentido, se sintetizan en el desarrollo de los componentes analógicos (milla invisible), en la promoción y el avance de iniciativas como el Plan Vive Digital, en la transición de la bonanza minero-energética a la bonanza digital o en la necesidad de realizar un estudio focalizado en Colombia sobre “dividendos digitales” con apoyo del Banco Mundial.



El direccionamiento estratégico del sector agropecuario tiene en la Agenda Dinámica Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Agropecuaria (Agenda I+D+i) un instrumento de política que integra las demandas sectoriales en catorce áreas temáticas, las cuales pueden ser analizadas de manera directa (cuando la demanda implica un requerimiento TIC) e indirecta (cuando las TIC pueden aportar a la solución de la demanda) frente a las TIC, así como en la relación de estas con los ejes temáticos definidos por el Mintic, que son:

1. Desarrollo e implementación de sistemas de información TI para los procesos de planificación rural agropecuaria, como apoyo de los entes territoriales.
2. Desarrollo e implementación de soluciones TI de agricultura de precisión (o específica por sitio).
3. Desarrollo e implementación de soluciones TI que contribuyan a la captura y procesamiento de información en campo.
4. Desarrollo e implementación de soluciones TI enfocadas en la gestión de información de mercados agrícolas, agroindustriales, pecuarios, avícolas, forestales, acuícolas y pesqueros, como el manejo de insumos, procesos de logística, trazabilidad de productos, *e-marketing*, *e-commerce* e *e-business*.
5. Desarrollo e implementación de soluciones TI enfocadas en la gestión de la propiedad de la tierra rural.
6. Desarrollo e implementación de soluciones TI para difusión, acceso, distribución, consulta y registro bidireccional de contenidos que utilicen tecnologías o medios como SMS, USSD e IVR.
7. Desarrollo e implementación de soluciones TI que fomenten la gestión del conocimiento en el sector agropecuario y mejoren los procesos de asistencia técnica actuales.

8. Desarrollo e implementación de soluciones TI relacionadas con *big data* y *cloud computing* dirigidas al sector agro.
9. Desarrollo e implementación de soluciones TI para la gestión de información climática en procesos de cultivo.

La tabla 4 presenta el número de demandas por áreas temáticas y, de estas, las que tienen relación directa o indirecta con las TIC.

Tabla 4. Demandas de I+D+i agropecuarias en relación con las TIC

Áreas temáticas del sector agropecuario	Demandas	Demandas con relación directa con las TIC	Demandas con relación indirecta con las TIC
Alimentación y nutrición (humana o animal)	13	0	2
Calidad e inocuidad de insumos y productos	39	6	8
Fisiología vegetal y nutrición	20	1	4
Fisiología y reproducción animal	3	0	0
Manejo ambiental y sostenibilidad	27	2	6
Manejo de cosecha, poscosecha y transformación	100	1	7
Manejo de suelos y aguas	29	0	7
Manejo del sistema productivo	69	1	4
Manejo sanitario y fitosanitario	51	1	4
Material de siembra y mejoramiento genético	64	1	11
Sistemas de información, zonificación y georreferenciación	21	20	1
Socioeconomía, mercadeo y desarrollo empresarial	59	8	15
Transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación	33	1	16
Total	528	42	85

Fuente: Elaboración propia a partir de Siembra (s. f.)

De las 528 demandas consignadas en la Agenda I+D+i, 42 tienen relación directa y 85 tienen relación indirecta con las TIC, para un total de 127 demandas en las que esta megatendencia tiene incidencia. Teniendo en cuenta las 9 directrices del Mintic, en la figura 2 se presenta la relación de las 127 demandas identificadas. El 25 % de estas demandas se enfoca en TIC y *big data, cloud computing* y sistemas de información; el 19%, en TIC y agricultura de precisión o específica por sitio; el 15%, en TIC y desarrollo de negocios; otro 15%, en TIC y levantamiento de información en campo, y el 12 %, en TIC y gestión de conocimiento en asistencia técnica, principalmente.

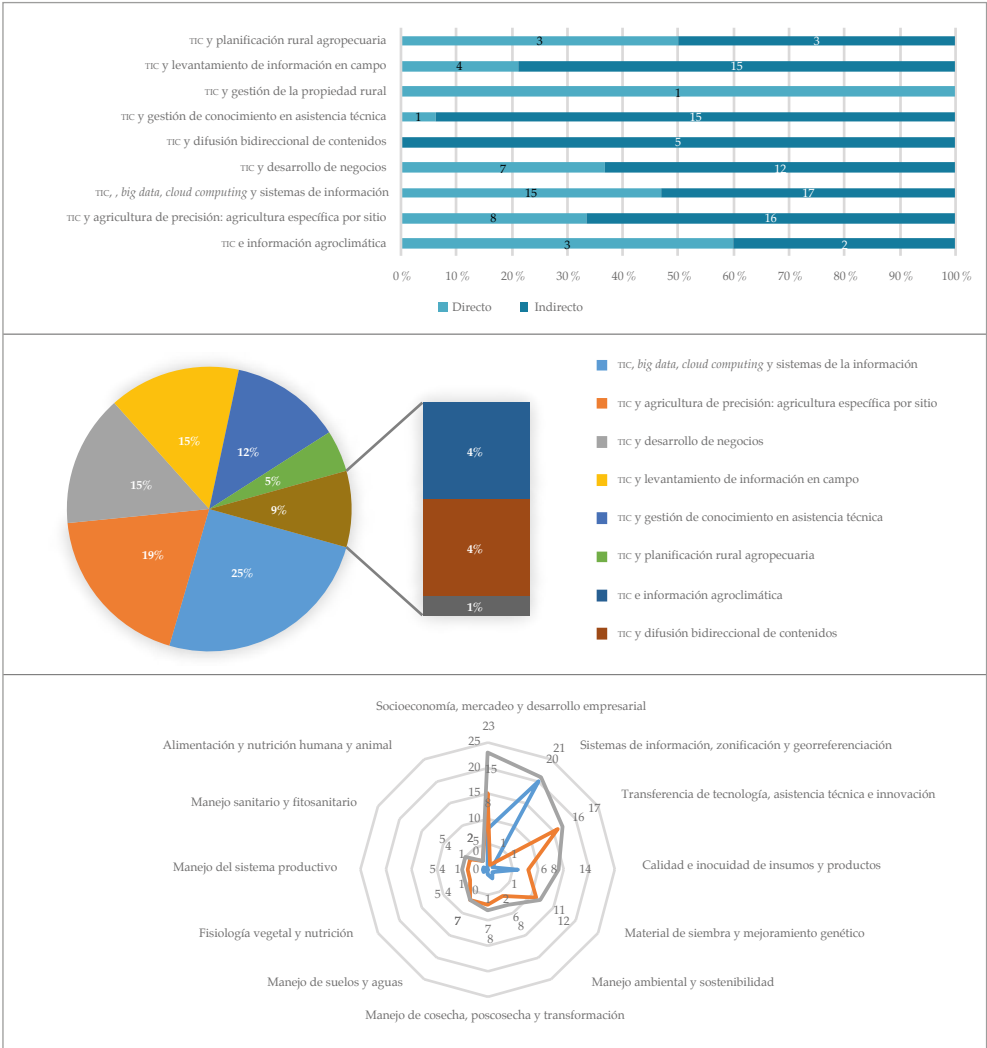


Figura 2. Demandas TIC por directriz.
Fuente: Elaboración propia

Las principales áreas temáticas en las que las TIC tienen incidencia como megatendencia son: socioeconomía y desarrollo empresarial, sistemas de información, transferencia de tecnología, calidad e inocuidad de insumos y productos, material de siembra y mejoramiento genético, principalmente.

En cuanto a la representatividad de las cadenas productivas, en la figura 3 se presentan aquellas con mayor número de demandas relacionadas con la megatendencia TIC. Las cadenas de hortalizas, acuícola, de flores y follajes, de caña de azúcar y la ovino-caprina lideran la lista con 15, 10, 8, 7 y 6 demandas respectivamente.



Figura 3. Principales cadenas productivas con demandas en TIC.
Fuente: Elaboración propia





Las TIC en agricultura o e-agricultura se definen como

el diseño, uso, apropiación e integración de infraestructura, tecnologías, servicios como computadores, tabletas, servidores, equipos de telefonía móvil, satélites, antenas de difusión de telecomunicaciones, aplicaciones, sistemas de información, sistemas de gestión de conocimiento y plataformas digitales para permitir, soportar y potenciar la producción agrícola. (Deloitte, 2012, p.18)

Este proceso de apropiación se da a través del intercambio de información entre varios actores involucrados, como proveedores de insumos, productores, transformadores, comercializadores, investigadores, equipos de servicios técnicos (extensión y asistencia técnica) y agentes de servicios gubernamentales.

El papel principal de la e-agricultura es alcanzar niveles de accesibilidad y asequibilidad adecuados a las necesidades del sector, de manera que se perciba un impacto tangible en productividad y competitividad. La accesibilidad es entendida aquí como la actualización, ampliación y universalización de la cobertura de las redes de comunicación en cuanto a su disponibilidad, bajo requerimientos y estándares mínimos en todas las zonas geográficas de incidencia (Gasmi & Recuero-Virto, 2005), según políticas de gobierno.

Estas políticas de acceso deben orientarse en primer lugar hacia el beneficio y la sostenibilidad de los productores y su interrelacionamiento con otros actores, y se deben considerar aspectos no solo de tipo técnico, sino también socioeconómicos y culturales. El acceso en TIC debe abordar un marco de referencia desde contenidos locales TIC, habilitadores TIC, alfabetización TIC y niveles de uso y mecanismos de gobernanza (Clement & Regan, 2000). En la figura 4 se presenta el “arcoíris de acceso en TIC”, que integra las diferentes instancias que representan esta condición.

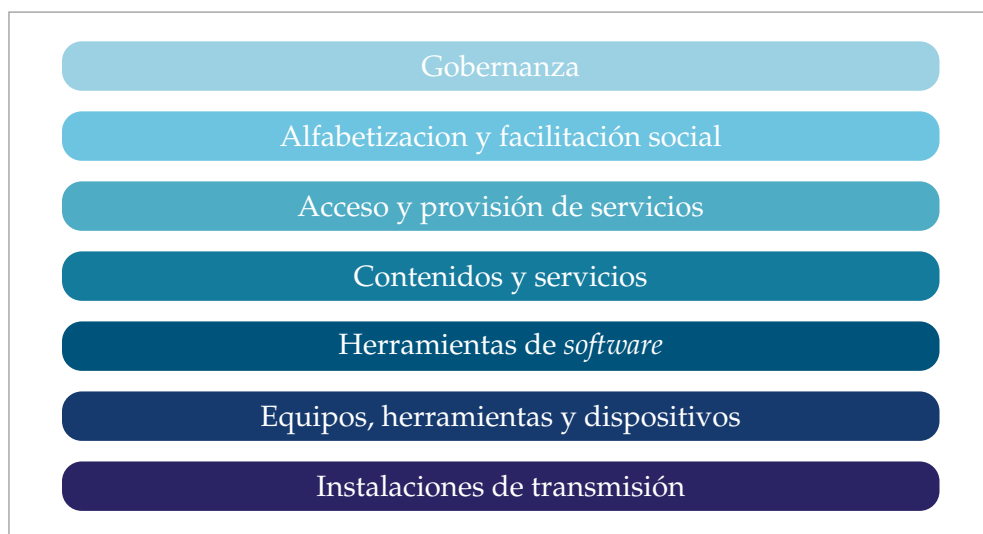


Figura 4. Arcoíris de acceso a infraestructura, accesorios y servicios en TIC.
Fuente: Elaboración propia a partir de Clement y Regan (2000)

A continuación se amplían las instancias del arcoíris:

- Contenidos y servicios, facilitadores, proveedores y gobernanza: esta instancia cubre la disponibilidad de contenidos para el usuario final, el acceso a servicios apropiados para actores que inician su contacto con las TIC, instalaciones para aprendizaje y desarrollo de redes, canales de comunicación para participar en decisiones en servicios de telecomunicaciones e inclusión social, entre otros aspectos.
- Equipos, herramientas y dispositivos y herramientas de *software*: oferta de dispositivos y aplicaciones tecnológicas afines al sector y a sus diferentes actores; pertinencia, usabilidad, asequibilidad y soporte (acceso a accesorios).
- Instalaciones de transmisión: capacidad de redes instalada y requerida, nivel de conectividad alcanzado y requerido y estándares de interoperabilidad vigentes (acceso a infraestructura).

Considerando la naturaleza multinivel del acceso y asequibilidad a la infraestructura en TIC, se deben considerar como estrategias las alianzas entre los diferentes actores del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y otros actores transversales del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, con diferentes especialidades y capacidades en relación con la megatendencia TIC y con diferentes papeles en el marco público-privado. Estas alianzas deben alinearse con la regulación y los retos de política para la

expansión de las TIC en cuanto a la oferta tecnológica, el licenciamiento, los subsidios, el marco de impuestos y la normatividad de uso y la protección al usuario, entre otros aspectos.

Finalmente, el grado de desarrollo tecnológico necesario para esa “milla final”, que implica la infraestructura *in situ* en el contexto rural de los productores, supone los mayores costos y retos de articulación de tecnología disponible de banda ancha, redes móviles 2G, 3G, 4G, banda ancha inalámbrica Wimax, wifi y WLAN, terminales tipo satélite de apertura pequeña,⁸ entre otras tecnologías.

La necesidad puntual del enfoque TIC en el agro recae principalmente en el (pero sin limitarse al) mercadeo de los productos, el acceso a nuevos mercados, la diferenciación, el valor agregado y la creación, transferencia y aplicación de conocimiento que alcance al productor para la modernización y el cambio técnico de la agricultura a pequeña y mediana escala.

Aporte de las TIC al sector agropecuario

De acuerdo con estudios del Overseas Development Institute (ODI) (citado en Mintic, 2015), las TIC pueden aportarle al sector agropecuario en el 1) desarrollo económico de productores, 2) el desarrollo comunitario, 3) la investigación y la educación y 4) el desarrollo empresarial y *networking*, a través de la generación de servicios y productos, como 1) servicios en línea, 2) comercio electrónico, 3) redes sociales de la interacción productor-asistencia técnica-investigador, 4) servicios de información en tiempo real, 5) servicios FAQ, 6) bases de datos y sistemas de alertas tempranas, 7) servicios gubernamentales e 8) *e-learning*, principalmente (Meera, Jhamtani, & Rao, 2004).

Complementariamente, el World Bank (2017) establece, en su iniciativa de promoción de las TIC en el sector, que el desarrollo TIC-agro debe propender hacia 1) la focalización en la demanda, 2) el uso apropiado de tecnologías, 3) el enfoque de uso y acceso, 4) los impactos sociales en el acceso y uso, 5) los entornos integrales de innovación, 5) los modelos sostenibles de inversión

⁸ Tipo de antena para comunicación de datos vía satélite y por extensión a las redes que se sirven de esta, normalmente para intercambio de información punto a punto, punto a multipunto (*broadcasting*) o interactiva.

para y con el productor y 6) la promoción de liderazgo y apropiación social del conocimiento (líderes TIC). Todo esto debe hacerse buscando la disminución de las barreras y las limitaciones relacionadas, para responder a las necesidades identificadas, principalmente a las que tienen que ver con el acceso a las tecnologías en áreas rurales (figura 5).

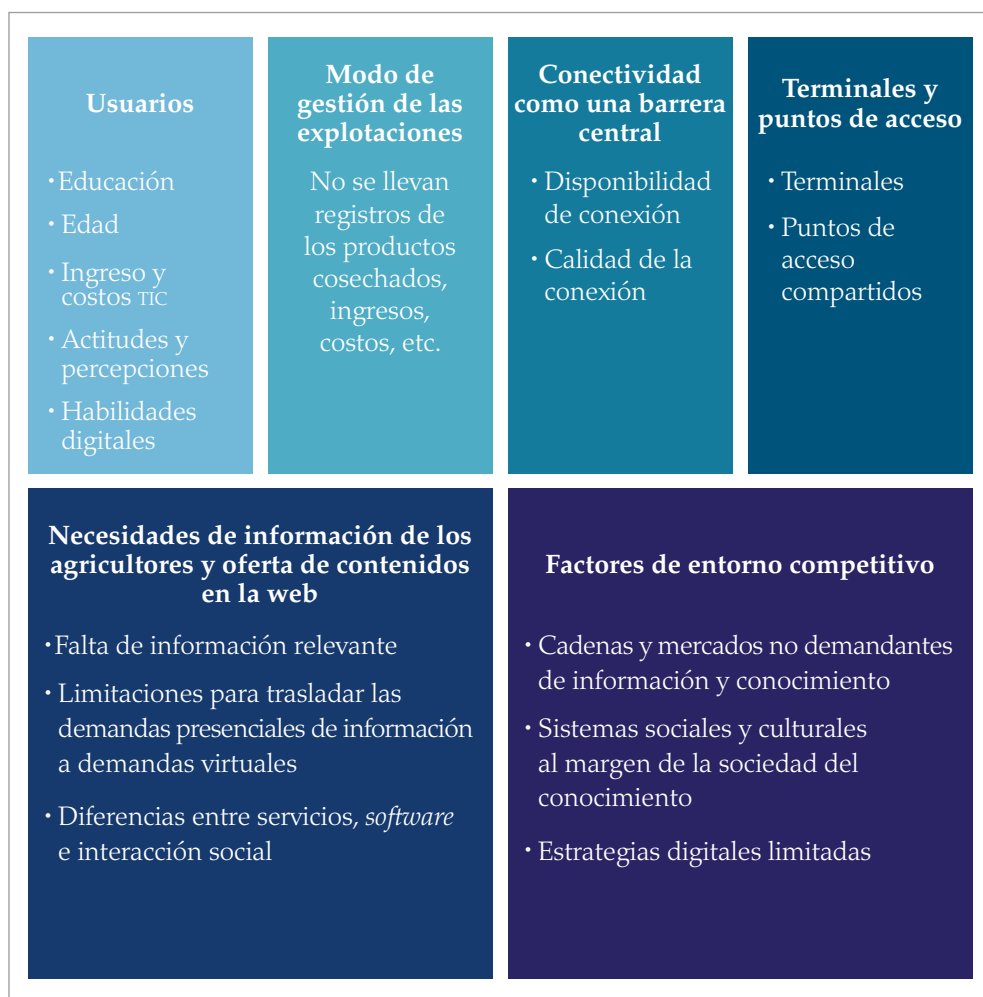


Figura 5. Barreras y limitaciones para el acceso a TIC por parte de los productores.

Fuente: Tomado de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2012)

Las necesidades identificadas en el sector agropecuario a nivel mundial frente a las TIC se analizan desde las demandas específicas sectoriales, desde sus soluciones y desde la manera como se integran las TIC en los modelos organizacionales de cadenas productivas y de valor.

Demandas sectoriales contra la oferta TIC

La orientación TIC en el agro, desde la perspectiva de las demandas sectoriales y la oferta tecnológica para el cierre de brechas, permite evidenciar un portafolio de soluciones afines al sector.

Incremento en la productividad de los sistemas pecuarios, agrícolas y acuícolas

Una de las principales áreas de incidencia de las TIC en la I+D+i agropecuaria es en el incremento en la productividad de los sistemas agropecuarios, a través de la optimización en el uso de insumos y demás factores de cultivo. A continuación se presentan los aspectos más relevantes en este campo.

Demanda actual de tecnologías y servicios

Se requiere la integración de tecnologías y desarrollos en I+D+i como mejoramiento del material genético y el acceso a semillas diferenciadas, biotecnología agrícola, maquinaria y herramientas especializadas, sistemas de irrigación, fertilizantes y pesticidas con TIC enfocadas en sistemas de información geográfica (SIG), sistemas de riego suplementario (RS), *software*, aplicaciones móviles y servicios de mensajería. Se requiere asimismo una serie de aspectos entre los que se encuentran: equilibrio entre la implementación de las tecnologías y la transferencia del conocimiento requerido para su uso; procesos de realimentación en doble vía para generar esquemas de interacción y acción frente a cambios endógenos y exógenos; refinamiento de prácticas productivas y guías de campo; consolidación de buenas prácticas agrícolas (BPA) a través de la gestión de suelos e insumos, del manejo de la tierra a partir de la caracterización de sus condiciones en tiempo real y de la implementación de prácticas acotadas a estas condiciones; disminución de pérdidas a partir de sistemas de alertas tempranas y pronósticos; identificación de vectores de plagas y enfermedades, e identificación de patrones históricos, eventos claves y factores críticos para la retrospectiva, predicción y pronósticos de factores de producción.

Oferta actual de tecnologías y servicios

Actualmente, el mercado maneja sistemas de imágenes multiespectrales vía satélite, monitoreo de cosecha como fuente de datos para actualización del modelo del cultivo en tiempo real y medición de índices de vegetación circundante. Asimismo, se tiene la máquina de color para la detección y el seguimiento de factores de cultivo bajo espectros de luz específicos (usualmente RGB), usada en agricultura de precisión en la detección de malezas para aplicación específica de herbicidas por sitio, para detectar el estado de maduración y afección de plagas en frutas y dar soporte a la recolección automatizada por robots. Igualmente, se cuenta con la termografía para detección de inflorescencias, soportada en detección de colores; el escaneo láser; sensores de ultrasonidos, y niveles de luz (Lee et al., 2010). También se ofrecen SIG, sistemas de posicionamiento global, imágenes satelitales, fotografía área y mosaico de fotos, escaneo láser, detección de luz variante, modelamiento espacial con sistemas especializados, minería de datos, tecnologías móviles y sistemas de gestión del conocimiento. Garantizar el acceso a datos, información y conocimiento es importante para transformar el tradicional paisaje rural en factores que incrementen la productividad y el acceso a mercados con beneficios en el denominado círculo virtuoso de acceso, asequibilidad, accesorios y aplicaciones (Hoque & Sorwar, 2015).

Fortalecimiento y promoción de organizaciones de pequeños productores (asociatividad)

Actualmente, la base fundamental del sector agropecuario en economías emergentes la conforman los pequeños productores; en Colombia, de acuerdo con cifras del Censo Nacional Agropecuario, el 73,2% del total de unidades agropecuarias tiene menos de cinco hectáreas y ocupa un 2,3% del área censada (111.452.998 ha). Es a esta población objetivo a la que deben orientarse los esfuerzos de fortalecimiento y promoción de organizaciones como mecanismo de asociatividad a través de las TIC.

Demanda actual de tecnologías y servicios

Las organizaciones de productores son mecanismos de articulación que buscan mejorar su productividad y competitividad, así como incidir en los factores limitantes de la actividad productiva. Estas organizaciones requieren mejorar la conectividad entre sus integrantes: compartir información técnica, de mercado y financiera y actividades de la organización, mejorar la toma de decisiones y las actividades administrativas y contables, manejar ingresos y egresos, diseñar informes financieros para los miembros de la organización, controlar datos históricos, sistemas de información y sistemas gerenciales adaptados a las necesidades y fortalecer la incidencia colectiva: mejorar la interacción y el posicionamiento de las opiniones del colectivo frente a los escenarios de discusión en el ámbito local y nacional.

Oferta actual de tecnologías y servicios

Actualmente, el mercado maneja servicios clave para la articulación de los productores y para el mejoramiento de su trabajo en el campo. Algunos de estos son:

- Móviles: acceso a información diversa a través de SMS y mensajes de voz.
- Contenidos multimedia para difusión y transferencia de nuevas técnicas y prácticas efectivas en doble vía.
- GPS: posicionamiento geográfico de unidades de producción, centros de acopio y mercados físicos.
- Telecentros rurales: sitios especializados para consulta y acceso a información en línea manejados por la institucionalidad rural de la zona y las asociaciones de productores.
- Sistemas de transacción especializados y acotados a las necesidades de los pequeños productores.
- Difusión del pensamiento colectivo: estaciones de radio con franjas especializadas en el sector, la región y sus productores; programas de televisión especializados a través de los canales regionales y con participación de productores y asociaciones: sitios web y foros de las asociaciones.

Fortalecimiento de servicios gubernamentales para el sector agropecuario con TIC

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el e-gobierno se centra en el uso de las TIC por parte de los gobiernos en un amplio rango de funciones, con el objetivo de vincular a las empresas, los ciudadanos y las entidades públicas del orden nacional y territorial (Naser & Concha, 2011). Esta vinculación permite acercar los servicios gubernamentales de manera general y diferenciada a diferentes sectores, en particular al agropecuario.

Demanda actual de tecnologías y servicios

Se requieren TIC que permitan la promoción de factores para el gobierno electrónico, como alistamiento tecnológico, interoperabilidad, educación y entrenamiento, seguridad y privacidad, gestión de proyectos acorde a la infraestructura, gestión de la inversión a través de alianzas público-privadas, acceso social, análisis de contenidos, participación, institucionalidad y ambiente cultural y político.

Oferta actual de tecnologías y servicios

Actualmente se ofertan plataformas unificadas de información y conocimiento sectorial a través de herramientas TIC con enfoque multiactor (diamante de conocimiento participativo, productores, científicos, extensionistas y educadores), específicamente en cuanto a toma de decisiones, infraestructura tecnológica, acceso a internet de banda ancha sostenible y de alta velocidad, opciones multicanal de información, análisis espacial, gestión de riesgos, servicios financieros, *e-learning* e integración virtual de pequeños productores.

En cuanto a los servicios de gobierno electrónico, se ofertan sistemas de información, sistemas de gestión de conocimiento, sistemas de identificación, sistemas de pagos, sistemas locales descentralizados, entornos colaborativos para innovación e investigación, aprendizaje en línea y recolección de datos a nivel local para su gestión y protección, kioscos de información, comunidades virtuales y foros digitales, entre otros.

Fortalecimiento de la extensión agropecuaria

La extensión agropecuaria, acorde con la Ley 1876 de 2017, es un proceso de acompañamiento mediante el cual se gestiona el desarrollo de capacidades de los productores agropecuarios, su articulación con el entorno y el acceso al conocimiento, tecnologías, productos y servicios de apoyo; con el fin de hacer competitiva y sostenible su producción al tiempo que contribuye a la mejora de la calidad de vida familiar. Por lo tanto, la extensión agropecuaria facilita la gestión de conocimiento, el diagnóstico y solución problemas, en los niveles de la producción primaria, la poscosecha y la comercialización; el intercambio de experiencias y la construcción de capacidades individuales, colectivas y sociales.

En este sentido, las TIC son herramientas clave para la gestión de conocimiento, importante entre productores, extensionistas e investigadores.

Demanda actual de tecnologías y servicios

Se requiere fortalecer la extensión rural agropecuaria bajo el enfoque de la e-extensión, entendida por Espíndola (s. f.) como

aquellas tareas de extensionismo rural que se basan en el uso intensivo de TIC y que suponen desarrollar muchas de las acciones de forma virtual y a distancia. Además de permitir realizar acciones de forma remota, incorpora la posibilidad de otros dos aspectos novedosos y muy interesantes que son la de realizar acciones en tiempo real (por internet) y con mayor número de participantes en forma simultánea. (p. 3)

Oferta actual de tecnologías y servicios

Las TIC ofrecen la capacidad de expandir los canales de comunicación entre la investigación, la extensión y los productores por medio de múltiples herramientas, como las tecnologías móviles, la mensajería de textos cortos con información detallada, *call centers* especializados, redes sociales de servicios, entre otras, bajo el principio de comunicación en doble vía (Aker, 2011); algunos recursos disponibles son: 1) servicios basados en voz que incluyen información vía telefónica de acceso a mercados y métodos de cultivo (manejo integrado) a través de líneas especializadas y *call centers*; 2) emisiones radiales y difusión de emisiones, información de mercados, franjas cortas sobre temas técnicos, menús de emisiones pregrabadas, canales con retroalimentación a través de mensajes de texto por parte de los productores; 3) servicios de extensión

basados en mensajería de texto (SMS), plataformas especializadas en la recolección y difusión de información FAQ y personalizadas, paquetes de difusión y periodicidad determinada por el usuario, y 4) programas de educación virtual en telecentros, kioscos de internet, etc. Así, la extensión rural se apoya en las TIC para generar un portafolio de alternativas y productos específicos que soporten su actividad (Espíndola, s. f.):

- E-radio: transmisión de programas radiales a través de internet que se caracterizan por tener una mayor cobertura regional, almacenamiento de contenidos y redifusión de programas.
- *E-learning*: uso de TIC para aumentar de manera virtual la cobertura geográfica y demográfica de programas educativos a todo nivel, a través del uso de material multimedia, foros y sesiones de acompañamiento virtual.
- *E-groups*: espacios de trabajo colaborativo y de intercambio permanente de información, por medio de plataformas que permiten virtualizar los foros de discusión. Estos *e-groups* pueden ser de acceso libre, de acceso restringido por invitación o cerrados a terceros; pueden ser de discusión pública, privada o mixta, y operar bajo un modelo de gestión.
- E-redes: espacios integrados que permiten la articulación y coordinación de personas y organizaciones, para coordinar diversos esfuerzos, a fin de generar de manera conjunta procesos de gestión de información y de capacitación, proyectos, acciones, etc.
- Foros y campañas electrónicas: información de interés general que utiliza recursos TIC como *e-mail*, *newsletter*, circulares electrónicas y avisos en sitios web para tener mayor cobertura y visibilidad de noticias. Los foros electrónicos se caracterizan por manejar una temática específica en un tiempo determinado o por estar en tiempo real.
- Asistencia técnica a distancia: uso de TIC para establecer canales entre el asistente técnico y los productores; entre estas están: texto, texto y voz, voz, imagen y texto, imagen y audio, etc. El diálogo está garantizado por medio de cierto equipamiento, cierta conectividad y, por supuesto, por la voluntad y los conocimientos determinados.
- Centros virtuales de negocio-*e-commerce*: centros abiertos para todo el público o cerrados para sus socios, según el modelo. Se caracterizan por ser excelentes medios para productores y extensionistas para la toma de decisiones productivas y comerciales a nivel de finca y de grupos de productores.

Fortalecimiento del mercadeo de agronegocios y acceso a servicios financieros

Las TIC permiten que los productos derivados de los procesos productivos desarrollados en las unidades agropecuarias fortalezcan la identificación de nichos de mercado, a través de información en tiempo real, sobre las dinámicas de oferta y demanda, la caracterización de clientes reales y potenciales y el acceso a portales virtuales de comercio, entre otros.

Demanda actual de tecnologías y servicios

Se requiere desarrollar TIC para el mercadeo y la comercialización de productos logísticos por parte de los productores, lo que haría posible la difusión de información relacionada con la oferta y la demanda de sus productos. Así, se demanda acceso a servicios financieros en 1) crédito, 2) ahorros, 3) instalaciones para pagos y transferencias y 4) seguros de protección (Nair & Fissaha, 2010). Asimismo, se tienen diferentes necesidades, como diferenciación en precios, opciones amplias de mercado, negocios sistemáticos, reducción en los tiempos de comercialización, gestión de transporte y logística, mejoramiento de la relación precio-localización, acceso a insumos y optimización de la gestión de la unidad productiva.

Oferta actual de tecnologías y servicios

Actualmente, se dispone de las tecnologías basadas en recolección, almacenamiento y difusión de datos en tiempo real a través de la emisión de radiofrecuencias, que permiten captar datos específicos de variables como la temperatura, la humedad y las condiciones atmosféricas (ambientales y modificadas), directamente relacionadas con la calidad del producto. Su aplicación se ha extendido principalmente a la cadena de suministros agroalimentaria en frutas y hortalizas y a algunas experiencias en productos pecuarios, a la integración con la cadena de frío y a las buenas prácticas de manufactura (BPM), las buenas prácticas agrícolas (BPA) y al análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP, por sus siglas en inglés) (Lee et al., 2010).

Además, se cuenta con *software* especializado para sistemas y herramientas interconectadas, para la gestión de información de proveedores, transmisión de órdenes y pedidos a los productores, gestión de pagos y recaudo y monitoreo del producto. También hay aplicaciones para la gestión del riesgo que abarcan

riesgos de producción, del mercado y ambientales, y que aportan a la estrategia para mitigarlos, transferirlos y soportarlos. Estas aplicaciones incluyen alertas tempranas, consejos y sugerencias a través de SMS, así como reportes de noticias, *podcast* y RSS.

Se puede contar con un fuerte sistema financiero y con infraestructura de acceso a internet de banda ancha y móvil, a precios asequibles, enfocados en el componente financiero con sistemas nacionales de pagos, créditos gubernamentales, conmutadores de modo de transferencia asíncrona (ATM, por sus siglas en inglés) o plataformas centrales para el estudio de microcréditos, de tal manera que se desarrollen conexiones y transacciones en tiempo real.

Tecnologías específicas

Las TIC ofrecen tecnologías específicas y a la medida de los requerimientos y las necesidades de los usuarios. Algunas de las tecnologías específicas para el sector agropecuario se describen en las siguientes secciones.

Demanda actual de tecnologías y servicios

En la actualidad, se necesitan TIC para la recolección de datos del clima y de los suelos, el monitoreo del uso y distribución del territorio, la medición de nutrientes, la detección foliar de enfermedades y otras características.

Oferta actual de tecnologías y servicios

Actualmente, se encuentran tecnologías específicas basadas en TIC, como 1) sensores del suelo para medición de temperatura, humedad, permisividad dieléctrica, niveles y flujos de pluviosidad, niveles de agua, conductividad y salinidad, 2) sensores de plantas para medición de fotosíntesis, humedad, hidrógeno, dióxido de carbono y temperatura y 3) sensores del clima para medición de temperatura, humedad, presión atmosférica y velocidad y dirección del viento. Las redes de sensores se soportan en tecnologías Zigbee, *bluetooth*, *bluetooth* de baja energía y wifi, así como en aplicaciones WSN (redes inalámbricas de sensores) y WSAN (redes inalámbricas de sensores y actores) que integran GPS, SIG, KMS, sistemas de soporte a las decisiones (DSS, por sus siglas en inglés), etc. (Rehman, Zafar, Islam, & Shaikh, 2014). Igualmente, se cuenta con termografía para detección de inflorescencias soportada en detección de colores, escaneo láser, sensores de ultrasonidos, niveles de luz, espectrofotometría de masas por infrarrojo, librerías espectrales, electrodos,

imágenes térmicas, microondas, fluorescencia e interacción de ondas electromagnéticas con las plantas para la medición de absorción, emisión, transmisión y fluorescencia, por medio de técnicas específicas de contraste entre plantas sanas y plantas infectadas (Lee et al., 2010).

Las TIC y los modelos organizacionales del sector agropecuario

Las cadenas agroalimentarias se definen, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como todas aquellas explotaciones agrícolas y empresas, así como las posteriores actividades que de forma coordinada añaden valor, que producen determinadas materias primas agrícolas y las transforman en productos alimentarios concretos que se venden a los consumidores finales y se desechan después de su uso, de forma que resulte rentable en todo momento, proporcione amplios beneficios para la sociedad y no consuma permanentemente los recursos naturales. (Neven, 2015, p. 8)

Este concepto reúne elementos claves en los cuales inciden las TIC bajo un marco de articulación conformado por:

- Elementos básicos: hacen referencia al núcleo central de la cadena conformada por los eslabones de producción, acopio, elaboración/transformación y distribución.
- Gobernanza: “naturaleza de los vínculos entre actores en etapas concretas de la cadena (vínculos horizontales) y también dentro de la cadena en general (vínculos verticales). Asimismo, hace referencia a elementos tales como el intercambio de información, la determinación de precios, las normas, los sistemas de pago, los contratos con o sin servicios incluidos, el poder de mercado, las principales empresas, los sistemas de mercado al por mayor, etc.” (Neven, 2015, p. 14).
- Proveedores: facilitan el proceso de creación de valor al entregar los insumos o materias primas; se dividen en proveedores de insumos físicos, de servicios financieros y de servicios tecnológicos y de acompañamiento.
- Entornos de mercado: niveles de comercialización y canales del contexto nacional e internacional; clientes que hacen uso final del producto o que lo toman como insumo de su entorno productivo.
- Entorno propicio: ambiente en el que se desenvuelve la cadena; está conformado por el entorno ambiental (geográfico y natural) y el entorno social (elementos socioculturales, institucionales, organizativos y de infraestructura).

Bajo este marco de integración de actores, las TIC se orientan en:

- Integración de procesos productivos e instancias productivas: elementos tecnológicos para el control de procesos en la unidad productiva, el procesamiento de su información clave y su diseminación; *software* de interoperabilidad, transmisión e integración de datos entre diferentes actores; sistemas de supervisión y control de datos, de ejecución de manufacturas, de gestión y de soporte a las decisiones, e integración de datos de diferentes fuentes y niveles de complejidad.
- Información compartida: servicios de arquitectura estandarizada de *software* e integración de diferentes aplicaciones para la difusión y consolidación de información, con cobertura de actores tanto dentro como fuera de la organización, por lo que se minimizan los costos de infraestructura y se puede contemplar la integración de nuevas aplicaciones; *software* como un servicio en el que las aplicaciones se ofrecen para su uso en línea y se puede manejar la información personalizada desde diferentes dispositivos; este es utilizado principalmente bajo un enfoque comercial y de gestión de producción.
- Tecnologías disruptivas: en principio, emergen para desplazar a las actuales, pero aún deben probar su efectividad. Entre estas, tenemos 1) procesadores multinúcleo e híbridos; 2) virtualización, telas informáticas y redes soportadas en capacidad estructural de velocidad y almacenamiento para obtener acceso a servicios, información y conocimiento; 3) redes y *software* sociales; 4) computación en la nube y plataformas web; 5) *web mashups* (aplicaciones web usadas o llamadas desde otra aplicación con el fin de reutilizar su contenido o funcionalidad), y 6) realidad aumentada, entre otras.

De manera transversal, las TIC influyen en los actores desde la variable social y de equidad en aspectos como la inclusión de las perspectivas de género y el fortalecimiento de la niñez y la juventud del sector rural. La discriminación en el acceso a servicios públicos en términos de políticas incluyentes se percibe también en las TIC (Tembo, 2008), y por esa razón, para disminuir esta incidencia, el Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR, por sus siglas en inglés) propone la inclusión de la mujer en las TIC, para mejorar sus medios de vida y la difusión de su visión en programas nacionales y locales.

Las principales restricciones de género en las TIC son la carencia de recursos financieros para asegurar el uso de las TIC por parte de mujeres y niñas, sus altos niveles de analfabetismo y exclusión tecnológica, ciertas normas que

las apartan del uso de la tecnología y la falta de control y propiedad sobre esta. El potencial de las TIC como facilitadoras de la entrada de la mujer al rendimiento y al desarrollo agrícolas depende de si estas tecnologías están diseñadas para adaptarse a las diferentes capacidades y oportunidades de los hombres y las mujeres (Gender, Agriculture and Rural Development in the Information Society [GenARDIS], 2010).

Deloitte (2012) propone un modelo de cadena de valor TIC-agro que delimita las actividades propias del sector agropecuario en tres macroeslabones:

1. Precultivo
2. Cultivo y cosecha
3. Poscosecha, junto con las soluciones estándar en TIC:
 - a. Sistemas de información.
 - b. Intercambio de conocimiento a través de TIC/*e-learning*.
 - c. Soluciones de modelamiento (p. ej., agricultura de precisión).
 - d. Sensores y dispositivos de proximidad.
 - e. *Networking*-redes.
 - f. Comercio electrónico (figura 6).

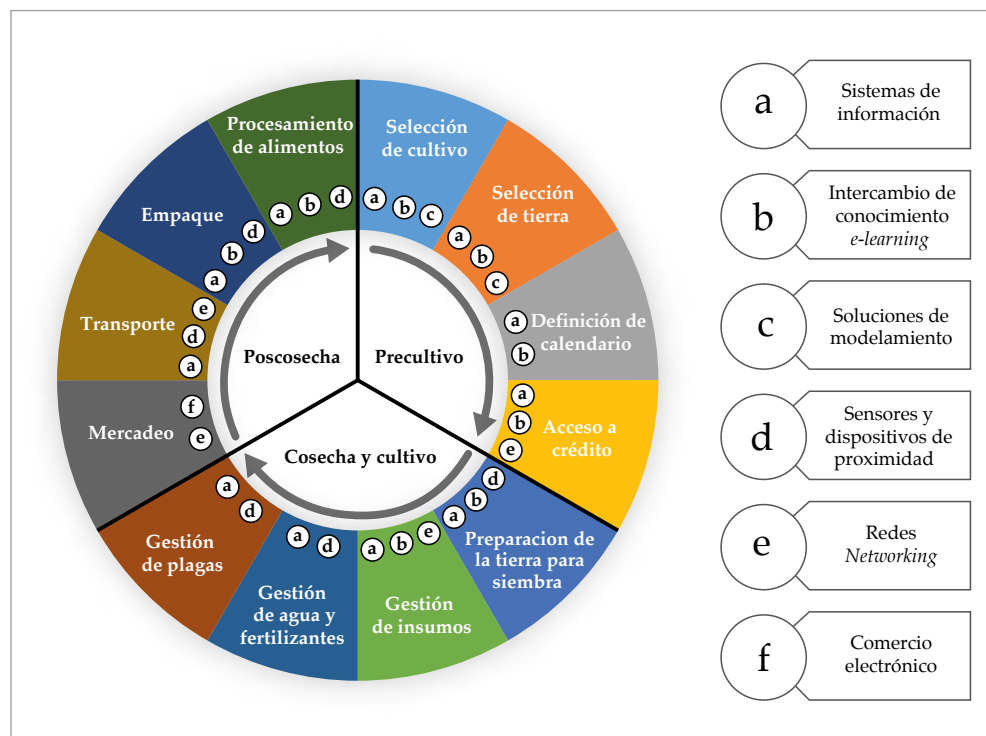


Figura 6. Modelo de cadena de valor TIC-agro de Deloitte.
Fuente: Elaboración propia a partir de Deloitte (2012)

Las TIC como herramientas para la conformación de sistemas nacionales de innovación sectoriales

El desarrollo e impacto de la innovación en agricultura se direcciona actualmente bajo la concepción de los sistemas nacionales de innovación (SNI), entendidos, de acuerdo con el Banco Mundial (2016), como redes de “organizaciones, empresas e individuos enfocados en el desarrollo de productos, procesos, servicios y nuevas formas de organización para uso económico, junto con las instituciones y políticas que afectan su comportamiento y eficiencia”. Estas interacciones promueven la innovación a través de la generación, el acceso y la puesta del conocimiento en uso, y las TIC ofrecen la capacidad de expandir los canales de comunicación entre la investigación, la extensión y los productores. Los principales desarrollos en TIC, que fortalecen los SNI en agricultura, son:

- Expansión de la cobertura y el alcance de las redes de actores a través de redes de telecomunicaciones, acceso a internet de alta y baja capacidad y conectividad por medio de voz y texto. Como ejemplo se tienen los procesos de transferencia de conocimiento a través de *e-learning*.
- Servicios de computación en la nube con recursos variados y disponibles que no requieren de última tecnología en términos de infraestructura.
- Provisión de servicios de información públicos y de libre acceso promovidos por iniciativas gubernamentales; acceso de productores y demás actores a reportes, bases de datos e información en CTel.
- Gestión de la interacción de actores estratégicos a través de la intermediación de conocimiento.
- Promoción de los cambios a nivel de política y de acción colectiva a través del trabajo en red y fortalecimiento de una visión compartida.

La complejidad de los SNI enfocados en agricultura radica en la diversidad de actores y objetivos que los conforman, y allí las TIC deben contribuir con el monitoreo de factores como la interacción entre actores y el comportamiento de tópicos tendenciales, emergentes, en desuso y básicos, generando la evaluación de su impacto, su dinámica y su evolución. Algunos aspectos claves de la interacción de las TIC y de su promoción y fortalecimiento de los SNI en agricultura son:

- Instituciones: adaptación de estructuras organizacionales en todo nivel a los retos TIC en sistemas y procesos de gestión de información y en promoción de innovaciones en gestión colaborativa desde las tecnologías móviles.

- Individuos: desarrollo y diversificación de competencias en el uso de TIC, inversión en capacitación de intermediadores del conocimiento y promoción de la interacción a través de las tecnologías móviles.
- Contenidos: contenidos de acceso libre, investigación colaborativa, resultados disponibles para consulta y uso, desarrollo de estándares de interoperabilidad e intercambio de información.
- Tecnologías: inversión en mayor conectividad, generación y capacidad de manejo para datos e información, *hardware*, *software*, interfaces usuario-computador diseñadas para permitir la innovación y metodologías para sobrepasar barreras relacionadas con el uso de la tecnología en cuanto a la cultura, el lenguaje, el género, etc.
- Procesos: tecnologías para permitir la inclusión multiactor y multiprocesos para mejorar el flujo de información y la innovación abierta.
- Monitoreo y evaluación: desarrollo de nuevas herramientas y aproximaciones para hacer más efectivas las intervenciones de conocimientos.
- Capacidades: inversión en el fortalecimiento de capacidades organizacionales y técnicas para la gestión del conocimiento.

En cuanto a la promoción de I+D+i a través de TIC, plataformas de gestión del conocimiento, herramientas de interacción social como Yammer y DSpace (entre otras), wikis, blogs, Google Docs, foros de discusión, intranets, gestores de contenidos, *podcast* y la mensajería instantánea hacen más accesible la información. Estas herramientas pueden tener un enfoque específico en temáticas clave (p. ej., la Red de Información sobre Recursos Genéticos del CGIAR),⁹ orientaciones macro desde el nivel gubernamental (p. ej., el Proyecto Nacional de Innovación Agrícola de la India)¹⁰ o una orientación hacia la investigación en la promoción de líneas de base (p. ej., la INASP o el programa Agora).¹¹

Un modelo clave de interacción de las TIC con los SNI en investigación es el empleado por el Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), que se presenta en la figura 7.

⁹ Se puede consultar en excellenceinbreeding.org.

¹⁰ Se puede consultar en naip.icar.org.in.

¹¹ Se puede consultar en inasp.info/peri o fao.org/agora/en.

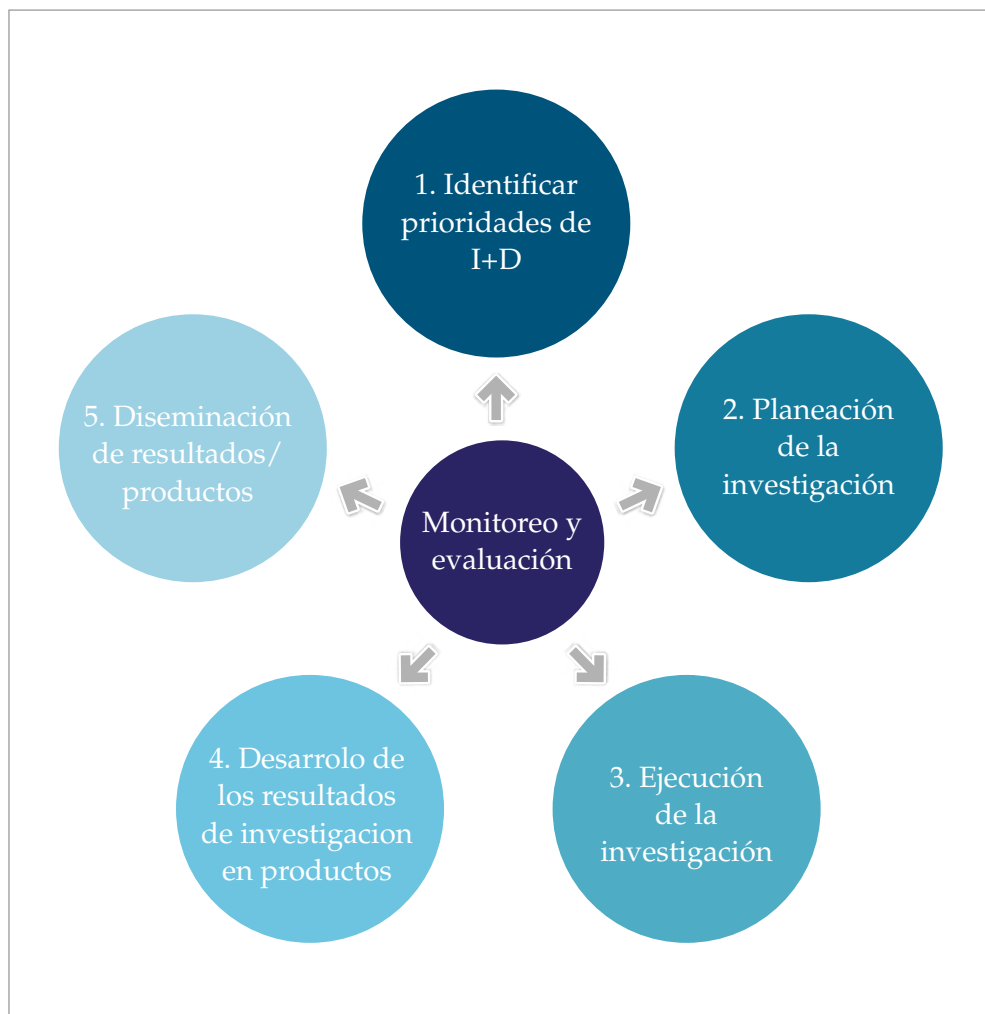
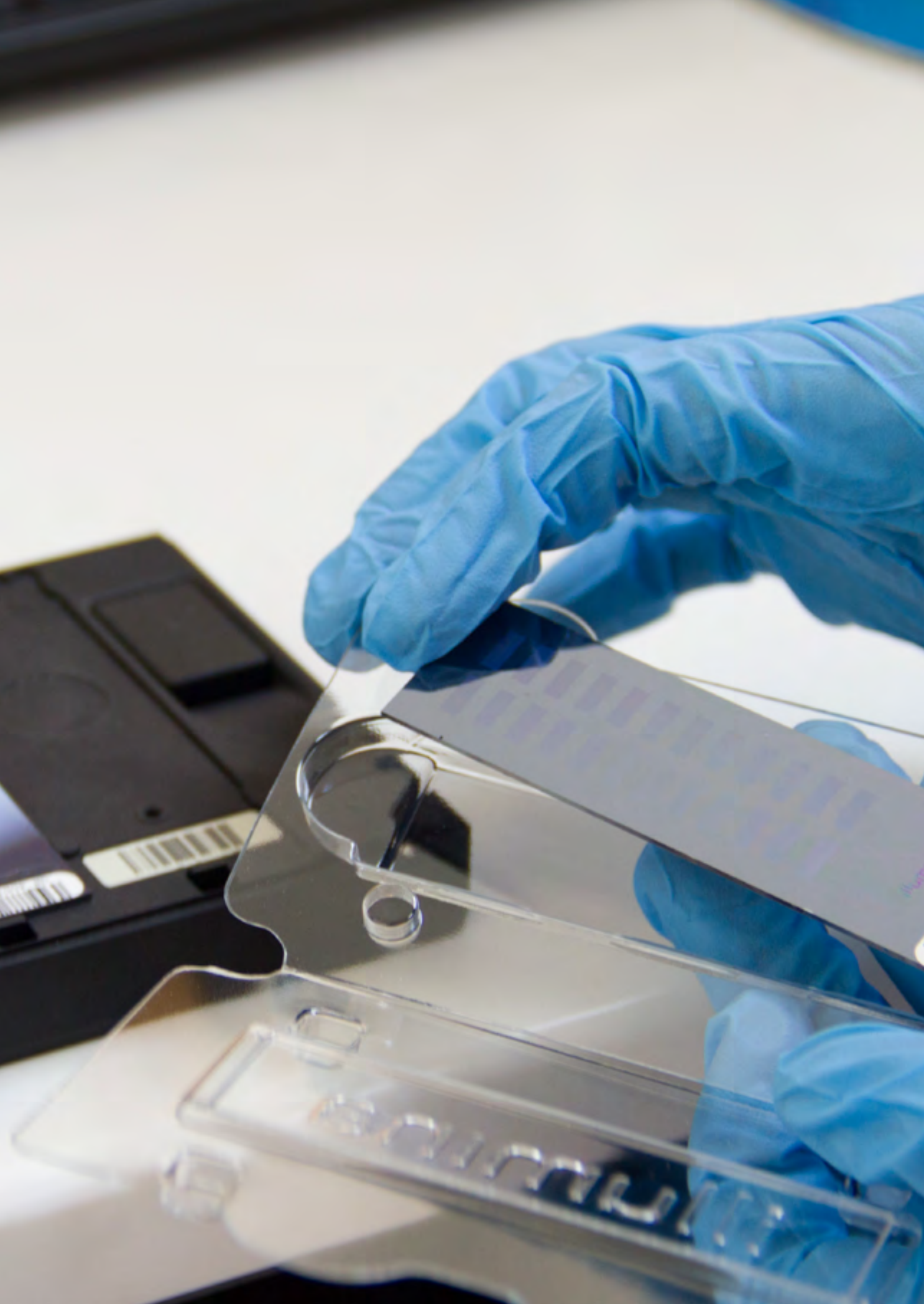


Figura 7. Modelo de integración de las TIC con los sistemas nacionales de innovación (SNI).
Fuente: Elaboración propia a partir de Knowledge Sharing Tools and Methods Toolkit (s. f.)

Las acciones realizadas con este modelo, en cada uno de sus procesos, son: 1) provisión de mecanismos tecnológicos para la diseminación de prioridades desde los diferentes actores, 2) integración de los investigadores y expertos y del *software* especializado, 3) acceso a bases de datos y otros mecanismos de información compartida, 4) uso de TIC para la cocreación, colaboración y retroalimentación en el desarrollo de productos trascendiendo las limitaciones geográficas y 5) uso de flujos de comunicación soportados en arquitecturas inclusivas para hacer llegar los resultados al público objetivo. Además, transversalmente, se usan mecanismos de integración e interacción para monitorear los procesos de I+D.





A nivel mundial, las tendencias temáticas para el desarrollo TIC son:

- Trazabilidad total de la agricultura: seguimiento a lo largo de la cadena productiva de un alimento, pienso compuesto, animal o sustancia, a través del almacenamiento y la transmisión de datos enfocados en seguridad y calidad alimentaria. Para esto, se cuenta con tecnologías de transmisión de datos y sistemas expertos en recepción, procesamiento y transmisión de información soportados bajo metodologías de logística y abastecimiento, tecnologías de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), tecnologías de etiquetas de códigos de barras, sensores de variables específicas integrados a RFID (temperatura, humedad, atmosferas modificadas, etc.), tecnologías para el intercambio electrónico de datos XML, redes de áreas locales WLAN, acceso a internet y aplicaciones gratuitas. Se espera que todos estos recursos estén disponibles a bajo costo o subsidiados.
- Agricultura de precisión: se refiere a la adecuación de suelos y cultivos para la gestión de parcelas a través de tecnologías de posicionamiento global para la recolección de información puntual necesaria. Esto se hace por medio de aplicativos de monitoreo del rendimiento de los cultivos en tiempo y espacio y con ayuda de GPS para la generación de mapas que permiten gestionar la aplicación de insumos, el muestreo de suelos, el envío de datos, la guía semiautomática y la simulación de cultivos para predicción y diagnóstico. Para esto se cuenta con SIG y detección remota y con sistemas expertos.
- Gestión del agua de riego: se usan redes meteorológicas, redes para la medición de aguas superficiales y subterráneas, el Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA), redes de información agroclimática, redes para el control automático de riego, fertirrigación automática, energía solar fotovoltaica y control de invernaderos. Robótica aplicada a la manipulación de cultivos: sirve para la agricultura bajo

invernadero, la recolección y el procesamiento de datos, la mecanización de procesos, las labores de labranza, los sistemas de siembra automática, los procesos de recolección de semillas y granos, la realización de injertos, el control de invernaderos, la clasificación de frutos, etc.

- *E-commerce*: se refiere a cualquier forma de transacción de bienes o servicios o de intercambio de información comercial a través de redes de las TIC, como internet, *e-mail*, portales web, subastas o mercados de intercambio (Casar Corredera, 2004).

Estas tendencias requieren del soporte de redes de conocimiento y desarrollo tecnológico que integren a los agentes implicados, para garantizar impacto social en cuanto a género en niños y jóvenes (equidad e inclusión social) y acceso a CTel (gobierno electrónico) y a la oferta tecnológica.

Las TIC, en el entorno mundial de la agricultura, se enfocan en atender a los productores como si estos fueran una unidad productiva tipo empresa, con su cadena de valor interna, asociada a sus sistemas de producción y al sistema productivo que conforman, y su interrelación con otras unidades para conformar cadenas productivas.

Las TIC les ofrecen a las unidades productivas agropecuarias y agroindustriales, específicamente, tecnologías productivas con base digital, como la agricultura de precisión, e interactúan con el gobierno electrónico para tener sistemas de alerta, georreferenciación, redes agrometereológicas, diagnóstico y asistencia técnica a distancia, seguimiento virtual de investigación e innovación, plataformas y sistemas de información y conocimiento, comunicaciones y transacciones digitales, comercio electrónico, redes y comunidades virtuales, educación electrónica, aplicaciones y servicios en la nube, sistemas de interoperabilidad y trazabilidad en cadenas agroalimentarias. La adopción de las TIC en el sector sigue los niveles descritos en la figura 8.

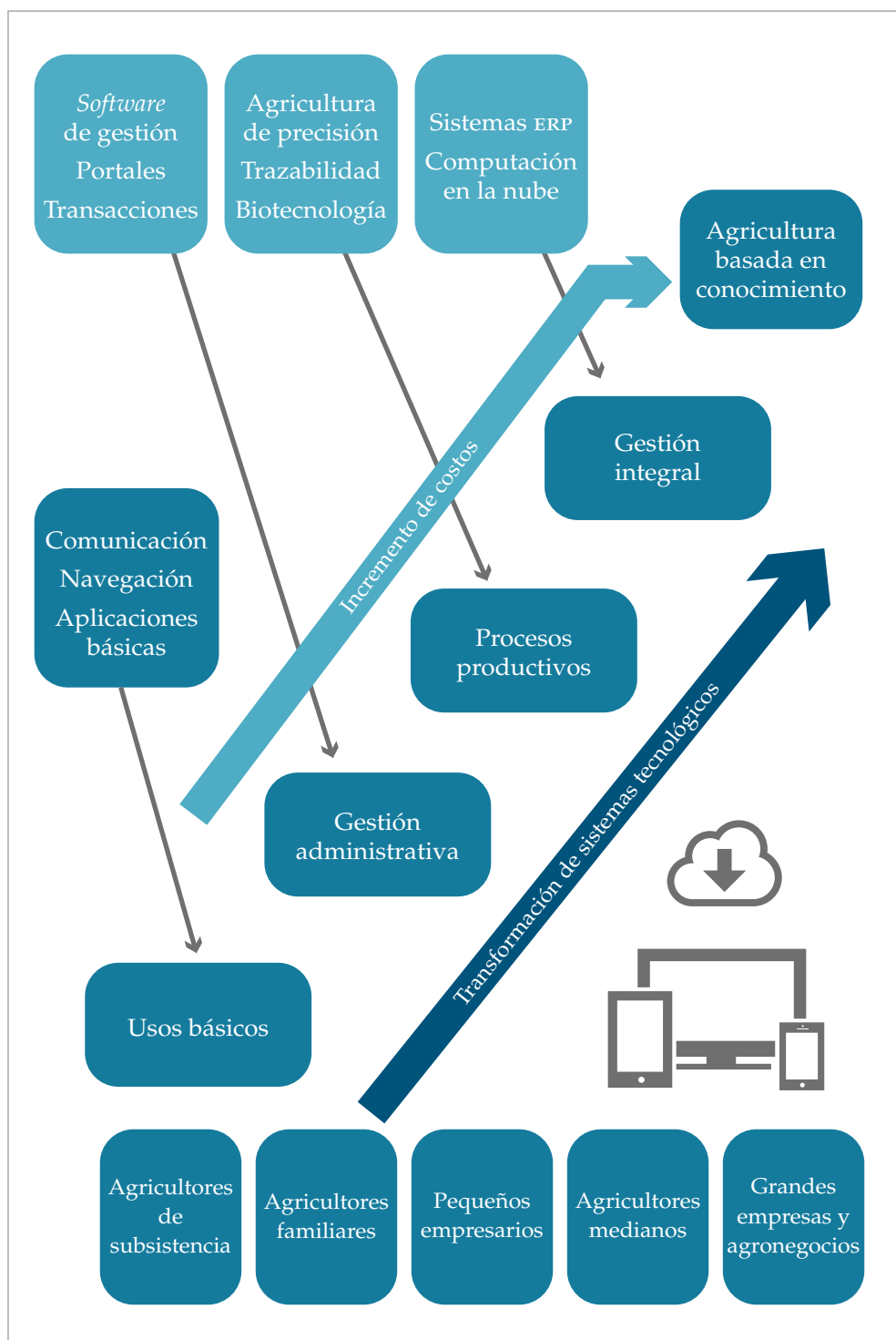


Figura 8. Niveles de adopción de las TIC en el sector agropecuario.
Fuente: Elaboración propia a partir de CEPAL (2012)

La transición por estos estadios, así como su adopción e implementación, presentan a los investigadores en esta megatendencia retos como:

- Exigencia del mercado en calidad e inocuidad en la gestión de cadenas agroalimentarias.
- Presión sectorial para la adopción de TIC por parte de las nuevas generaciones de productores.
- Fomento digital desde el gobierno electrónico.
- Necesidades en TIC para solventar externalidades del contexto y las dinámicas cambiantes en los mercados internos y externos, territoriales, laborales, financieros y de riesgo e información técnica.

Dinámica y referentes

Para el caso de la megatendencia TIC, se focaliza la investigación hacia la solución de necesidades operacionales a través de la instalación, el mantenimiento, la evolución y la remoción de los sistemas de información, plataformas tecnológicas, sistemas de trazabilidad, sistemas de metrología, sistemas de meteorología, sistemas de zonificación y sistemas de posicionamiento global, y cabe también destacar el diseño de bases de datos de consultores, agronegocios y sectores productivos, el acceso a tecnologías en zonas rurales, la promoción del *e-commerce* y el seguimiento y monitoreo de canales de comercialización y de sistemas de información a través de redes de telefonía móvil.

En la figura 9 se presenta la dinámica de la megatendencia TIC con énfasis en agricultura, sobre la que se registraron, en el año 2014, 8.523 publicaciones específicas. Los países líderes en el entorno global son Estados Unidos, China, Reino Unido, Alemania y Francia, y las entidades más destacadas son la Universidad de Wageningen, la USDA, la Academia China de Ciencias y la Universidad de California en Davis. En el contexto local de ALC, Brasil lidera la lista con 2.912 publicaciones, y lo siguen México, con 828, Argentina, con 573, Chile, con 367, y Colombia, con 308.

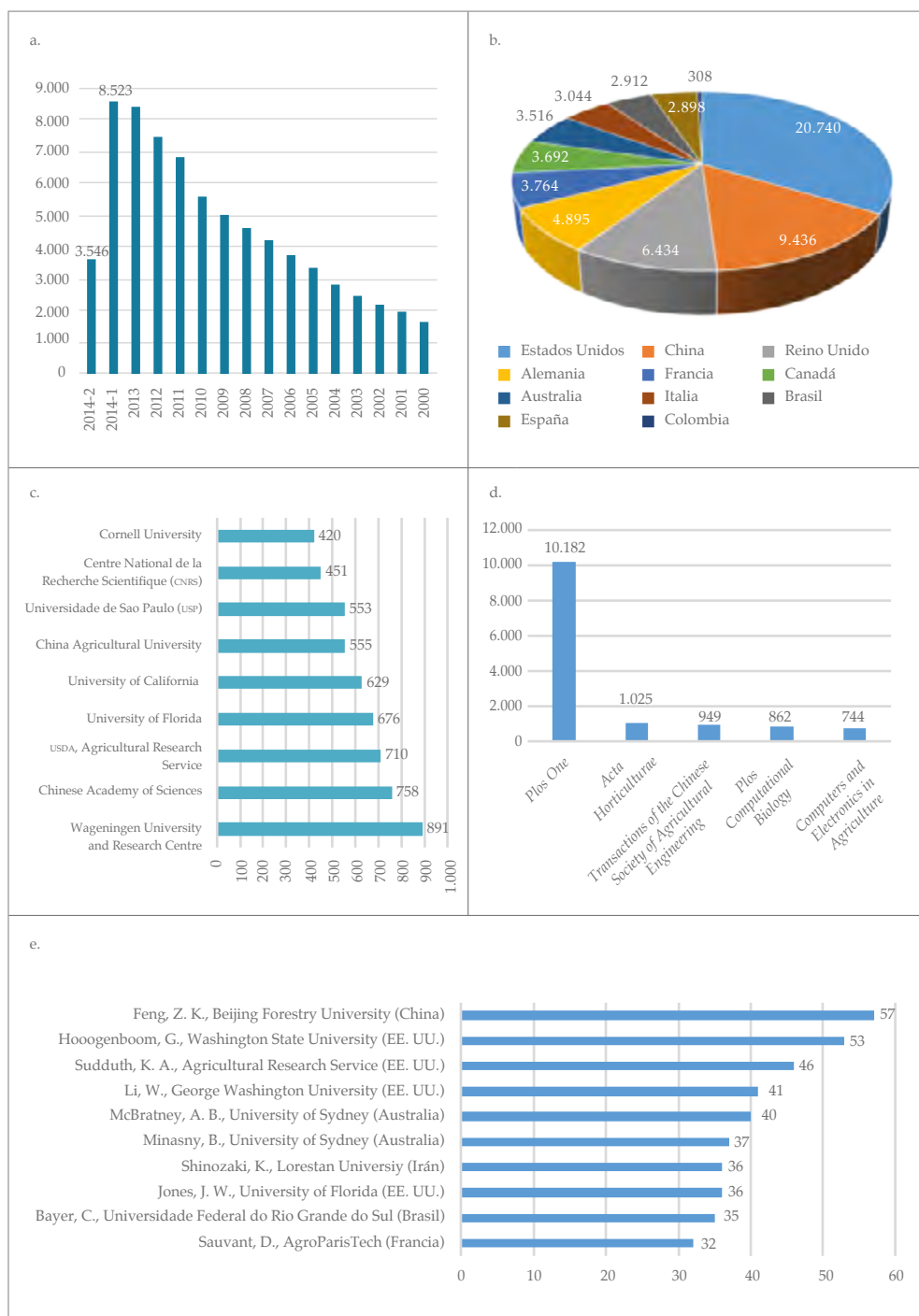


Figura 9. TIC como megatendencia en investigación en agricultura y ciencias biológicas: publicaciones científicas 2000-2015. a. Dinámica de publicaciones; b. Países líderes; c. Organizaciones líderes; d. Fuentes de consulta; e. Investigadores líderes.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus (s. f.)

Los investigadores líderes en TIC para agricultura, la institución a la que pertenecen, sus temáticas de trabajo, su afiliación institucional y su correo de contacto se sintetizan en la tabla 5.

Tabla 5. Investigadores líderes en TIC para el sector agropecuario

Nombre	País	Institución	Temáticas	Contacto
Feng, Z. K.	China	Beijing Forestry University, Beijing Key Laboratory of Precision Forestry	• Modelamiento digital 3D de ecosistemas • Sistemas de información • Mapeo digital SIG con soporte web • Sistemas de soporte a las decisiones • Servicios de información en georreferenciación de acceso público • Monitoreo cuantitativo del paisaje con tecnologías GPS • Sistemas portables de monitoreo de suelos y aguas • Optimización de plantaciones y uso del suelo con SIG	fengzhongke@126.com
Hoogenboom, G.	EE. UU.	Washington State University, AgWeatherNet	• Modelamiento de cultivos a través de SIG para determinar requerimientos de irrigación • Modelamiento de factores climáticos en cultivos • DSS, predicción de heladas a través de redes neuronales • Predicción de temperatura a través de redes neuronales	gerrit@gaes.griffin.peachnet.edu

(Continúa)

(Continuación tabla 5)

Nombre	País	Institución	Temáticas	Contacto
Sudduth, K. A.	EE. UU.	USDA, Agricultural Research Service (ARS), Cropping Systems and Water Quality Research	• Topografía y SIG para la toma de decisiones en agricultura específica por sitio • Sistemas de precisión para la gestión de conservación • Agricultura de precisión para la predicción de sostenibilidad de los suelos • Medición, monitoreo y evaluación de la dinámica de propiedades del suelo a través de sensores y sistemas SIG • Espectrofotometría para medición de propiedades y monitoreo de suelos • Software especializado en mapeo de suelos	sudduthk@missouri.edu
Li, W.	China	George Washington University, Department of Computer Science	• Mapeo para suministros de insumo vía aérea • Monitoreo SIG-GPS de erosión de suelos • Sistemas de control para manejo automatizado de invernaderos • Robótica para cosecha de frutos	liww@cau.edu.cn

(Continúa)

(Continuación tabla 5)

Nombre	País	Institución	Temáticas	Contacto
McBratney, A. B.	Australia	University of Sydney, Department of Environmental Sciences	• Directrices de futuro para la agricultura de precisión • Evaluación de beneficios ambientales y económicos de la agricultura de precisión • Mapeo digital de suelos • Sistemas multisensores y dinámicas de rendimientos de cultivo a través de horizontes de tiempo-pronóstico y regresiones • Mapeo de suelos para captura de carbono • Modelamiento y algorítmica	Alex. Mcbratney @acss.usyd.edu.au
Jones, J. W.	EE. UU.	University of Florida, Department of Biological & Agricultural Engineering	• Herramientas e información para toma de decisiones en factores ambientales • Modelos para predicción de requerimientos de nutrientes • Predicción de rendimientos, control de irrigación, etc.	jimj@ufl.edu
Bayer, C.	Brasil	Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos	• Gestión de suelos • Espectrofotometría y fluorescencia	cimelio.bayer@ufrgs.br

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus (s. f.)

Las temáticas tendenciales en TIC para el sector agropecuario abarcan tópicos de sistemas expertos para la gestión de residuos pecuarios, sistemas de soporte a la toma de decisiones para el uso y gestión de bioinsumos, manejo digital de información geográfica de cultivos, agricultura de precisión, bases de datos para *commodities*, sistemas de toma de decisiones para mecanización basada en georreferenciación, sistemas de información en seguridad alimentaria, sistemas de información en alertas tempranas epidemiológicas y sistemas de trazabilidad y gestión de la cadena de frío. Los temas de base más tratados tienen que ver con *software* de análisis genético, codificación de ADN, modelamiento satelital de cultivos, mapeo genético, sensores inalámbricos para agricultura y modelamientos de nichos ecológicos. En cuanto a las herramientas emergentes, algunas de estas son las estadísticas multinivel para suelos agrícolas, monitoreo de biodiversidad biológica en zonas de producción agrícola, modelos de toma de decisiones basados en aplicaciones web como herramientas para control fitosanitario, modelos de planeación y sistemas de información global para granjas y sistemas acuícolas.

Algunas preguntas de investigación que pueden direccionar los esfuerzos en CTel, en relación con esta megatendencia, son: 1) ¿qué tan alcanzables pueden ser la educación agrícola, la extensión y la movilización y el empoderamiento de los productores bajo las nuevas perspectivas y oportunidades de las TIC?; 2) ¿cuál es la efectividad de los diferentes sistemas de información al consumidor para la elección de productos, que premien directamente al productor de manera que se promuevan las prácticas agrícolas, la sostenibilidad ambiental, los sellos diferenciadores, etc.? (Pretty et al., 2010).

Expertos por temas específicos

En el contexto mundial, se han identificado expertos en TIC para agro en campos específicos:

- Productividad y agricultura de precisión: Thomasson, J. A., Texas A&M University, Department of Biological & Agricultural Engineering, College Station, EE. UU., thomasson@tamu.edu; Schumann, A. W., University of Florida, Citrus Research and Education Center, EE. UU., schumaw@ufl.edu; Sui, R., USDA-ARS Crop Production Systems Research Unit, EE. UU., rsui@tamu.edu.

- Mapeo de suelos en agricultura: Minasny, B. University of Sydney, Department of Environmental Sciences, Australia, budiman.minasny@sydney.edu.au; Lagacherie, P., Institut National de La Recherche Agronomique (INRA), Francia, lagache@supagro.inra.fr; Dematte, J. A. M., Universidade de Sao Paulo (USP), Department of Soil Sciences, Brasil, jamdemat@usp.br.
- Trazabilidad en la cadena de suministros agroalimentaria: Yang, X., Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, China, yangxt@nercita.org.cn; Sun, C., National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, China, sunch@nercita.org.cn.
- Aplicaciones móviles y computacionales y servicios web: Heermann, D. F., United States Department of Agriculture, EE. UU., dale.heermann@ars.usda.gov; Di, L., George Mason University, Center for Spatial Information Science and Systems, EE. UU., ldi@gmu.edu; Ault, A., Purdue University, Department of Electrical & Computer Engineering, EE. UU., ault@purdue.edu; Buckmaster, D. R., Purdue University, EE. UU., dbuckmas@purdue.edu.
- Redes de sensores: Hong, T., South China Agricultural University, College of Engineering, China, ning.wang@okstate.edu.; Evans, R. G., USDA-ARS, Northern Plains Agricultural Research Laboratory (NPRL), EE. UU., robert.Evans@ars.usda.gov.
- Trabajos en Colombia: Jarvis, A., Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, a.jarvis@cgiar.org; Iriondo, J. M., Universidad Rey Juan Carlos, Departamento de Biología y Geología, España, jose.iriondo@urjc.es.

1 CCC 27
ARBOLONA NEGRA
andigena
15060006 In-vitro SG

2 CCC 27
ARBOLONA NEGRA
andigena
15060006 In-vitro SG

3 CCC 27
ARBOLONA NEGRA
andigena
15060006 In-vitro SG

NALGENE®



La Agenda I+D+i es un instrumento de política para la gestión del SNIA que abarca en su conjunto los aspectos y las directrices a investigar para la resolución de los problemas productivos y para aprovechar las oportunidades de mercado en cada subsector agropecuario, en los niveles nacional y regional. Esta agenda contempla los niveles macro (sectorial nacional), meso (regional y departamental) y micro (referente a cadenas y sistemas productivos). Como se mencionó en un capítulo anterior, la Agenda I+D+i consigna 528 demandas de investigación para 37 cadenas productivas adscritas al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), de las cuales 28 demandas están relacionadas con la megatendencia TIC. En la figura 10 se presentan las cadenas con demandas relacionadas.

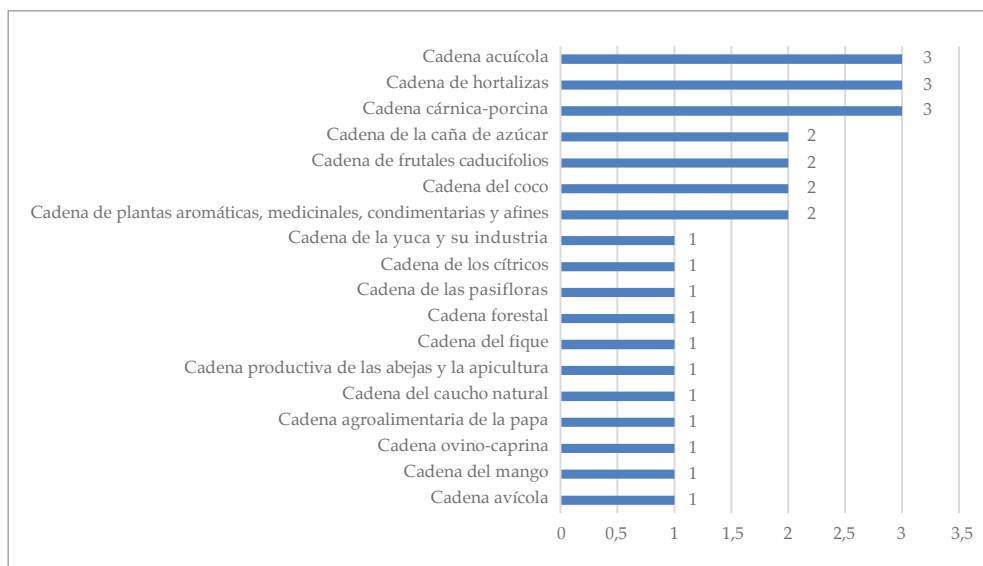


Figura 10. Demandas TIC en la Agenda I+D+i por cadena.

Fuente: Elaboración propia a partir de Siembra (s. f.)

De las 28 demandas establecidas para TIC, 20 se enmarcan en el área temática de sistemas de información, zonificación y georreferenciación; 4, en la de socioeconomía, mercadeo y desarrollo empresarial; 2, en la de calidad e inocuidad de insumos y productos; una, en la de manejo sanitario y fitosanitario, y otra, en la de manejo de cosecha, poscosecha y transformación.

Directrices

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de los Sectores Electrónica, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (ETIC) (Mintic, 2013) establece directrices puntuales para la incidencia de estos sectores en el sector agropecuario, las cuales son:

- Priorización del enfoque en sectores estratégicos, entre estos el agropecuario.
- Desarrollo de la electrónica impresa y flexible.
- Fortalecimiento de la tendencia de migración de tecnologías de sensores de uso militar para uso civil en sectores como el agropecuario.
- Uso de tecnologías RFID para trazabilidad de las cadenas de suministro agroalimentarias.
- Conectividad de banda ancha en zonas rurales y reutilización de frecuencias UHF inactivas de las bandas de radiodifusión televisiva para comunicaciones móviles y redes inalámbricas locales wifi, Wimax y redes de internet móvil LTE.
- El megaproyecto vertical Colagrotic, que está orientado a las tecnologías ETIC aplicadas sobre el sector de la agroindustria y que representa una oportunidad para establecer vínculos con los centros regionales de la red IMI que trabajen sobre aspectos como la robótica industrial, los procesos industriales del sector agropecuario, las telecomunicaciones masivas de bajo costo aplicadas al seguimiento de cosechas, ganado y almacenes en tiempo real, las plataformas *software* de explotación de datos y generación de patrones de predicción, las tecnologías de trazabilidad alimentaria aplicadas a la producción agrícola y alimentaria, etc.
- Instrumentación y uso de sensores para agricultura de precisión, robótica agroalimentaria y bioinformática.

Estas iniciativas se han resumido en cinco ejes temáticos: 1) difusión de las TIC, 2) sistemas de información geográfica (SIG), 3) agricultura de precisión, 4) análisis de datos y 5) soluciones de difusión de información. De las 28

demandas relacionadas con TIC en la Agenda I+D+i, 12 tienen que ver con sistemas de información para georreferenciación; 4, con análisis de datos; 2, con agricultura de precisión, y 10, con soluciones para la difusión de información.

El documento del marco conceptual de la Misión para la Transformación del Campo (Ocampo, 2014) establece, en su capítulo sobre el papel de las TIC en el sector agropecuario, a partir de las experiencias del CIAT y el CGIAR, cinco áreas de acción con estrategias específicas para un marco de promoción de la innovación desde el territorio, la conformación de redes de actores y el fortalecimiento del sistema de apoyo integral al productor (asistencia y transferencia agropecuaria). Las cinco líneas son:

- Fortalecer el marco institucional que se requiere para fomentar el uso de las TIC en el agro: integración del MADR con el Mintic; conformación de la mesa TIC-agro para la formulación de políticas; orientación territorial de las TIC; un modelo integral de apoyo al productor que integre TIC a través de sistemas de acompañamiento, herramientas e infraestructura, y transversalidad de las TIC para integración de actores no gubernamentales clave.
- Promover el uso de las TIC en la agricultura y en programas de desarrollo rural, incluyendo programas de alfabetización digital, desarrollo de contenidos y aplicaciones y difusión y replica de casos de éxito como modelos de apropiación.
- Garantizar la conectividad en todas las zonas rurales de Colombia: inversión, estrategias de cobertura con alianzas público-privadas con los operadores de telefonía móvil, ampliación de la cobertura de acceso a internet con zonas wifi públicas y kioscos Vive Digital.
- Masificar las TIC para llevar educación a todas las zonas rurales de Colombia e integrar modelos y enfoques pedagógicos nuevos con base en las oportunidades generadas por las nuevas tecnologías: escuelas rurales cuyos programas de formación usen TIC, extensión del sistema de educación a través de *e-learning*, promoción del uso de kioscos y acercar la oferta de formación superior al sector rural en los diferentes niveles, técnico, tecnológico y profesional.
- Informatizar el SNIA y especialmente el Subsistema Territorial de Acompañamiento Integral al pequeño productor: rediseño de los sistemas de asistencia técnica, promoción de la conformación de redes y sistemas territoriales, focalización de la asistencia en transferencia de conocimiento en doble vía, implementación de los SIG en los territorios, conformación

de *hubs* de innovación para el trabajo conjunto en CTel con la comunión de diferentes entidades y soportados en plataformas tecnológicas, promoción de políticas de *open access*, implementación de redes sociales para la innovación (p. ej., Linkata) y comunidades de aprendizaje.

Dinámica y referentes

A continuación se presenta la dinámica de investigación en TIC para el sector agropecuario en Colombia. En la tabla 6 se consigna el total de publicaciones, las organizaciones líderes en investigación, los países con los que se ha desarrollado investigación colaborativa y los principales tópicos abordados.

Tabla 6. Las TIC como megatendencia de investigación en el sector agropecuario

Criterio	Ítem
Número de publicaciones	Total en relación con la megatendencia: 2.672 Área de agricultura y ciencias agropecuarias: 308
Organizaciones líderes en la megatendencia (acotada a agricultura y ciencias biológicas)	• Universidad Nacional de Colombia • CIAT • Universidad de Antioquia • Universidad de los Andes • Pontificia Universidad Javeriana
Países y organizaciones aliadas en investigación	• Estados Unidos: Cornell University y University of Florida • Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) • Reino Unido: University of Leeds • México: Universidad Nacional Autónoma de México • Bélgica: Katholieke Universiteit Leuven • Países Bajos: Wageningen University and Research Centre • España • Francia • Alemania

(Continúa)

Criterio	Ítem
Tópicos tendenciales	• Viabilidad del uso de entornos virtuales de aprendizaje en el sector rural • Aplicación de bases de datos con el fin de parametrizar el uso de insumos en modelos productivos de cultivos • Banco genético mundial de plantas como sistema de gestión-proyecto • Sistema experto para la identificación taxonómica de peces • Modelos de toma de decisiones para la extensión agrícola • <i>Software</i> para el análisis de nutrientes en cultivos de cereales • Aplicación de la ecogeografía y de los SIG en conservación y utilización de recursos fitogenético • Sistemas inteligentes para asesorar perturbaciones en los cultivos
Tópicos de base	• Modelos de seguimiento a suelos agrícolas • Código de barras para el ADN en plantas • Bases de datos de rasgos de plantas • Modelos estadísticos para la gestión del uso de insumos • Sistema de toma de decisiones para el suministro de energía en zonas no interconectadas • Base genética basada en marcadores moleculares para fríjol
Tópicos emergentes	• Monitoreo ambiental • Mapeo digital de suelos de cultivo • Agromapas
Investigadores referentes	• Jarvis, A. C., CIAT, Colombia, a.jarvis@cgiar.org • Camacho-Tamayo, J. H., Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Colombia, jhcamachot@unal.edu.co • López, C. E., Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología, Colombia, celopezc@unal.edu.co • Pelayo-Villamil, P., Universidad de Antioquia, Grupo de Ictiología, Colombia, patriciapelayo@gmail.com

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus (s. f.)



El objetivo de este capítulo es presentar experiencias y casos de éxito en la vinculación e implementación de las TIC como elemento de ventaja competitiva para el sector agropecuario. Se hace mención a casos de éxito tanto en el contexto externo como en el interno.

Contexto externo

Actualmente, la investigación y el desarrollo de TIC para el sector agropecuario se ha enfocado en las plataformas de desarrollo móvil por su grado de cobertura y facilidad de acceso por parte de sus diferentes actores. Este potencial de transferencia de información y conocimiento se da no solo desde sistemas de información y alertas constituidos bajo el diseño de plataformas tecnológicas especializadas, sino también en una doble vía en la que el productor y los demás actores son, en tiempo real, recolectores permanentes de información estratégica sobre el comportamiento *in situ* de factores de la unidad productiva, como vectores de plagas, el comportamiento de nutrientes del suelo, cambios en los niveles de pluviosidad, etc. Para esto, se hace necesario contar con acceso y difusión de imágenes satelitales y con acceso libre a sistemas de recepción y envío de mensajes de texto gratuitos, redes sociales y aplicaciones con y sin requerimiento de datos móviles.

En el entorno mundial existen casos de éxito en la integración de las TIC orientadas hacia los enfoques ya descritos para los diferentes actores del sector agropecuario (tabla 7).

Tabla 7. Casos de éxito de integración TIC-agro

Categoría	Casos de éxito	País-región	Factor diferenciador
Telefonía móvil	Wefarm (wefarm.info)	África y América Latina	Difusión de conocimiento a pequeños productores a través de sms, por medio de preguntas y respuestas; está en fase de desarrollo de integración con sistemas de difusión radial
	N-Frnds (nfrnds.com)	Asia-Pacífico	Plataforma de difusión de información por sms
Asociaciones público-privadas	Agora (fao.org/agora/en)	Mundial	Plataforma tecnológica iniciativa de la FAO, la OMPI y el PNUMA para el acceso libre a publicaciones y libros de agricultura
	Agrimundo (agrimundo.cl)	Chile	Plataforma de inteligencia competitiva para productores y empresas
Enfoque de género	Federación de Mujeres y Familias del Ámbito Rural (Amfar) (Mujerrural.com)	España	Cursos gratuitos en temáticas ambientales, gestión productiva y agricultura ecológica
	Centro de Estudios y Documentación de la Mujer Rural Española (Cesmu) (Cesmuamfar.com)	España	Este centro detecta las necesidades formativas, laborales y de participación social y económica de la mujer española
	Mercado Rural	España	Plataforma de comercio electrónico para mujeres rurales

(Continúa)

(Continuación tabla 7)

Categoría	Casos de éxito	País-región	Factor diferenciador
Cierre de la brecha digital	AgriGuide (agriguide.org)	Senegal y Malí	Gestión de pequeñas unidades productivas
	Zubabox (computeraid.org)	Zambia	Diseño de unidades de educación autónoma en zonas rurales con integración de TIC
Infraestructura y accesibilidad	Diseño y desarrollo de dispositivos a bajo costo	India	Tabletas financiadas y desarrolladas por el Estado; creación de contenidos y difusión de soluciones
	M-Pesa	Reino Unido-Kenia	Modelo de negocio en línea para el acceso a microcréditos enfocado en poblaciones no bancarizadas; usa tecnologías USSD (servicio suplementario de datos no estructurado)
	Amigo del Granjero	Uganda	Aplicación móvil que proporciona información sobre la demanda de los agricultores y presenta previsiones meteorológicas y asesoramiento agrícola; además, hace realimentación e integración con productores
	Esoko (esoko.com)	África	Servicio de información agrícola a través de telefonía móvil con un sistema central de información y <i>call centers</i> ; maneja información del mercado en tiempo real y hace mercadeo directo por SMS, sondeo de variables en unidades productivas y perfiles en línea

(Continúa)

(Continuación tabla 7)

Categoría	Casos de éxito	País-región	Factor diferenciador
Servicios móviles	Microsoft Research	India	Extensión agrícola mediada, sistemas de información de mercado, mercados virtuales, servicios integrales, servicios financieros y apoyo directo de medios de vida
	American University	Estados Unidos	Aplicaciones móviles para educación, comercio y recolección de datos y para seguimiento a plagas y enfermedades
	Proyecto MIP	Chile	Canales de noticias para productores, búsqueda de internet en fuentes de noticia (rss) y transmisión de contenidos a los agricultores a través de mensajes sms
TIC-investigación en campo	Africats Center for Meditation (africats.org)	África	Portal web para el intercambio de información sobre centros de ensayo de nuevas variedades; se basa en TIC, bioinformática y SIG; interacción de productores, fitomejoradores, asistentes técnicos, etc.; herramientas de análisis de variables en campo, feedback, etc.
	Verde Digital (digitalgreen.org)	India	Este portal difunde información agrícola orientada, a pequeña escala, a agricultores marginales a través de videos digitales; funciona con los sistemas de extensión, basado en las personas existentes para ampliar su eficacia

(Continúa)

(Continuación tabla 7)

Categoría	Casos de éxito	País-región	Factor diferenciador
Educación	Tamil-Nandu		Aplicación de educación abierta y a distancia para el desarrollo; aprendizaje autodirigido de las comunidades agrícolas, información bidireccional con centros de formación y universidades, y se comparte información
Servicios financieros	Bolsa Familia	Brasil	Transferencias mensuales en efectivo a familias pobres con niños o con mujeres embarazadas y transferencias condicionadas a los hogares extremadamente pobres
	Red de Inclusión Financiera y Operaciones (RIFO), una compañía de tecnología y el Banco ICICI	India	Transacciones bancarias remotas y reducción de los costos de servicio a las zonas rurales; uso de tarjetas inteligentes y dispositivos en punto de venta conectados a una plataforma TIC centralizada; uso de dispositivos biométricos

Fuente: Elaboración propia a partir de Mintic (2015)

Contexto interno

Las experiencias en TIC en el contexto interno se han desarrollado principalmente a través de iniciativas gubernamentales de entidades como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), el MADR y el Mintic, así como de actores privados. A continuación, se presentan algunos casos de éxito relevantes.

Cubo de datos

Actualmente, se desarrolla desde el Minambiente y el Ideam la vinculación de Colombia a una nueva tecnología denominada OLAP (procesamiento analítico en línea). El objetivo de esta nueva tecnología es agilizar la consulta de grandes cantidades de datos, por lo que utiliza minería de datos (*data mining*) y operaciones similares. A la fecha, en Colombia se han usado bases de datos de naturaleza relacional, que almacenan tablas discretas normalizadas, pero limitadas para las consultas multitabla o multidimensionales, por lo que se las considera relativamente lentas e ineficientes desde el punto de vista operativo.

Particularmente para el caso de datos relacionados con observación de la tierra, se requiere el uso de técnicas SOLAP (procesamiento analítico espacial en línea), que consideran la dimensión espacial de los datos y permiten así su exploración, administración y procesamiento interactivo y multi-dimensional por medio de la combinación de las capacidades del análisis OLAP y de las funcionalidades de los SIG. Por el momento, en Colombia no es conocida ninguna aplicación que utilice estas técnicas de cubos SOLAP para centralizar, estandarizar y maximizar el uso de las imágenes de satélite en el contexto del monitoreo ambiental y territorial.

Esta iniciativa del Minambiente y del Ideam busca desarrollar una primera versión de un cubo de datos del territorio a partir de imágenes obtenidas por sensores remotos. Los alcances propuestos son:

- Integrar operativamente la teledetección, los datos de campo y los modelos y servicios en un entorno interoperable.
- Alcanzar un enfoque sostenible para el manejo de datos.
- Lograr colaboración entre instituciones, investigadores e, incluso, el sector privado y la generación de información para la toma de decisiones de manera oportuna y eficiente dentro y fuera del Sistema Nacional Ambiental.
- Desarrollar protocolos de preprocesamiento y procesamiento digital de imágenes de satélite para estandarizar su uso y asegurar la consistencia temporal de los datos generados; tener acceso a catálogos de imágenes de manera rápida y eficiente; realizar análisis de series de tiempo e integración de los datos en diferentes escalas espaciales; realizar procesamiento paralelo y análisis eficiente de los datos; almacenar eficientemente los datos sin grandes volúmenes de datos *no-data* y con algoritmos de

compresión sin pérdida de datos; almacenar metadatos a nivel de píxel; aplicar filtros dinámicos de calidad de píxeles según sea necesario; y soportar diferentes aplicaciones ambientales (p. ej., deforestación, monitoreo de coberturas de la tierra, inundaciones, etc.) según sea necesario.

Esta primera versión de un cubo de datos de imágenes de sensores remotos en Colombia contará con el asesoramiento técnico y científico de instituciones como la NASA, Silvacarbon y la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), de Australia, en el marco del Grupo de Observación de la Tierra (GEO, por sus siglas en inglés).

Programa de monitoreo de usos agropecuarios en Colombia

Esta iniciativa, desarrollada por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), el Mintic y las alianzas Ideam-GEO y MADR-Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario (Agronet), busca atacar la problemática del uso del suelo resumida en tres factores, a saber:

- Interinstitucional: deficiente articulación para la generación, gestión y uso de información del sector agropecuario.
- Informacional: dificultades en el acceso y cobertura, confiabilidad, disponibilidad, fuentes y análisis deficientes.
- Metodológico: no se ha concertado una metodología que considere la diversidad geográfica y sus necesidades.

Así, los objetivos de la iniciativa son:

- Identificar papeles y responsabilidades en la generación de información del sector agropecuario relacionada con el monitoreo de cultivos, para mejorar la confiabilidad y la calidad de los datos.
- Definir los criterios de calidad y estandarización de la información relacionada con el monitoreo de cultivos del sector agropecuario.
- Definir una línea base de información con resultados de iniciativas de evaluación agropecuaria del país (p. ej., el III Censo Nacional Agropecuario).
- Implementar una infraestructura de datos sectoriales que apoye la gestión de información relacionada con el monitoreo de cultivos, entre los diferentes actores, y que soporte la interoperabilidad con sectores afines y complementarios.

Otros casos

Complementariamente, en el país se cuenta con iniciativas y casos de éxito en los que la incursión de las TIC en el agro, para el fortalecimiento sectorial, ha sido clave. En la tabla 8 se consolidan algunas experiencias importantes. El Plan Vive Digital 2011 presenta, en agricultura, varias directrices: para Agronet y Finagro, información por sms y capacitación virtual; para el Banco Agrario móvil, un sistema de información para viviendas de interés social que facilite postulaciones y consultas (subsidios rurales), y para Sinigán, un sistema de trazabilidad del ganado.

Tabla 8. Casos de éxito TIC-agro en Colombia

Caso de éxito	Actores involucrados	Objetivo	Descripción
Agrotón (agrotón.gobiernoenlinea.gov.co)	Mintic, Corabastos, Incoder, Minagricultura, entre otros	Desarrollo de aplicaciones móviles enfocadas en la generación de soluciones tecnológicas	Diez aplicaciones móviles enfocadas a trámites y servicios públicos, recuperación de información de actores, detección temprana de plagas y enfermedades, información de precios a consumidores y productores, educación financiera y promoción de negocios y emprendimiento
Linkata (linkata.co)	Asistentes técnicos del sector agropecuario	Creación de una comunidad virtual donde se formen los capacitadores, es decir, los asistentes técnicos del sector, a través de la gestión de conocimiento en red	Más de 5.000 asistentes agropecuarios registrados

(Continúa)

(Continuación tabla 8)

Caso de éxito	Actores involucrados	Objetivo	Descripción
Agronet (agronet.gov.co)	MADR	Consolidación de la Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario (Agronet) como plataforma para la gestión de la información y el conocimiento del sector agrario y para el suministro de información relevante, oportuna y sintética a los responsables de la toma de decisiones del sector	Herramienta tecnológica orientada al análisis de información e inteligencia de negocios, cuyo objetivo es satisfacer la demanda de información estadística y analítica del sector agropecuario, articulando diversas bases de datos necesarias para facilitar la toma de decisiones a los diferentes agentes del sector
Siembra (siembra.gov.co)	MADR	Siembra apoya la gestión del conocimiento mediante el diseño y la producción de indicadores de CTel. Además, provee información de forma pertinente, permanente y oportuna, reflejando la dinámica del SNIA	Plataforma tecnológica para apoyar la gestión del conocimiento mediante la producción y uso de estadísticas e indicadores que sirven para orientar y evaluar la política sectorial, nacional, regional e internacional
Sispa (sispaweb.fedepalma.org)	Fedepalma	Creación del Sistema de Información Estadística del Sector Palmero	Plataforma tecnológica para acceso a información socioeconómica

(Continúa)

(Continuación tabla 8)

Caso de éxito	Actores involucrados	Objetivo	Descripción
Consortio Andino (consorcioandino.ning.com)	Consortio Andino	Generación de redes virtuales enfocadas en la gestión del conocimiento en innovación rural	Red social virtual enfocada en la promoción del diálogo entre pequeños y medianos productores para su participación en ejercicios de innovación participativa, creación de capacidades e intercambio de experiencias
Jóvenes Rurales (formación virtual)	SENA	Fortalecimiento de capacidades de los jóvenes en el sector rural	Desarrollo de programas técnicos y tecnológicos con oferta de cursos virtuales en temas agrícolas, agroindustriales y de producción pecuaria
Aplicación Control Ganadero	Grupo Arve	Fortalecer la productividad y competitividad del sector agropecuario	Aplicación móvil (para dispositivos iOS) y portal web que facilitan el control y reporte del ganado, las fincas, la lechería, la reproducción, etc.
Sistema de Información Cafetera (SIC@) (sica.cafedecolombia.com)	Federación Nacional de Cafeteros	Creación del portal SIC@, donde se puede hacer consultas sobre el avance de los diferentes programas, el análisis de la información en línea y la planeación, control y toma de decisiones	IC@ es un sistema de información dinámico que les permite tanto a la Federación como a sus comités y a los productores acceder, a través de internet, a una base de datos única, georreferenciada y de cobertura nacional

(Continúa)

(Continuación tabla 8)

Caso de éxito	Actores involucrados	Objetivo	Descripción
Plan Vive Digital	Mintic	Convocatoria TIC y Agro para iniciativas que impactan el campo; se les lleva conectividad a pequeños agricultores para que con el uso de internet puedan comercializar mejor sus productos	Se logró obtener un presupuesto total de \$4.300 millones
Creación de aplicaciones	Varios	Creación de aplicaciones relacionadas con el agro: • Admigan • Comproagro y Comproagro.com • Agroclima • Suganet • Agroinsumos • Gesagro • Kanpo • Agrobox	Diversificación de la oferta tecnológica

Fuente: Elaboración propia



El mapeo de actores sociales claves para contextos delimitados en el sector agropecuario, así como su integración con contextos transversales, como el de las TIC, permite identificar a todas las personas y organizaciones que pueden ser importantes para la planeación, el diseño, la implementación o la evaluación de instrumentos de política pública, de instancias de concertación y esquemas de asociatividad, como los sistemas y las cadenas productivos, los clústeres agroindustriales y demás formas de organización. El presente ejercicio aplica la metodología diseñada por el observatorio del SNIA,¹² equipo del Departamento de Articulación Institucional de Agrosavia.

Se identificaron, a través de fuentes de información secundaria, 2.146 actores relacionados con el sector TIC, los cuales fueron caracterizados y evaluados según los siguientes criterios: 1) tipo de organización, 2) papel en el sector, 3) papeles de gestión de conocimiento (principal y secundario) y 4) evaluación de impacto e incidencia. En las figuras 11-14 se presenta, respectivamente, el análisis del mapa de actores por cada criterio.

¹² El observatorio del SNIA es un equipo interdisciplinario de Agrosavia que soporta la gestión y la administración del portal Siembra, así como la coordinación del PECTIA.

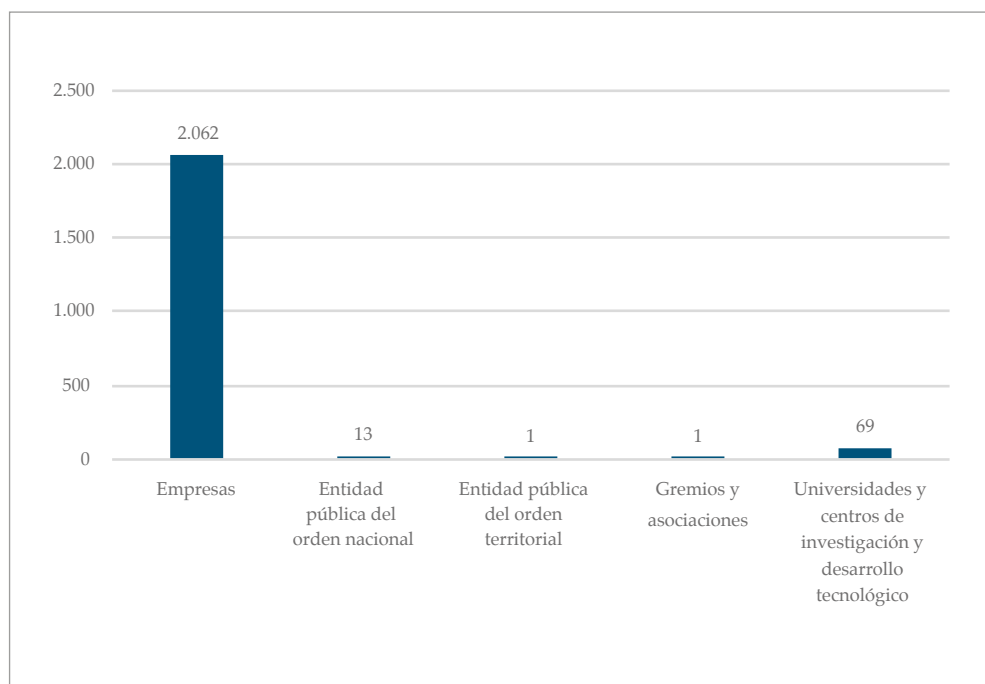


Figura 11. Análisis de actores del sector TIC por tipo de organización.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic) (s. f.b) y Guía Soluciones TIC (s. f.)

De los 2.146 actores identificados para el sector TIC, 2.062 corresponden a empresas; 69, a universidades (grupos de investigación) y centros de investigación y desarrollo; 13, a entidades públicas del orden nacional; una, a entidades públicas del orden territorial, y una, a gremios y asociaciones.

Hay dos tipos de actores que son representativos en su número total, debido a que sus papeles son transversales a todo el sector: proveedores de infraestructura y servicios de mantenimiento (principalmente empresas) y proveedores de otros servicios, como de comercio, informática, publicidad, del sector educativo y de bibliotecas y archivo. Estos grupos están representados por 603 y 492 actores, respectivamente (figura 12a).

En cuanto a los papeles TIC denominados como principales, la figura 12b muestra una división en empresas que proveen productos y servicios de *software*, productos y servicios en redes y telecomunicaciones, maquinaria y herramientas, productos y servicios en *hardware*, servicios TIC y definidores de líneas estratégicas temáticas.

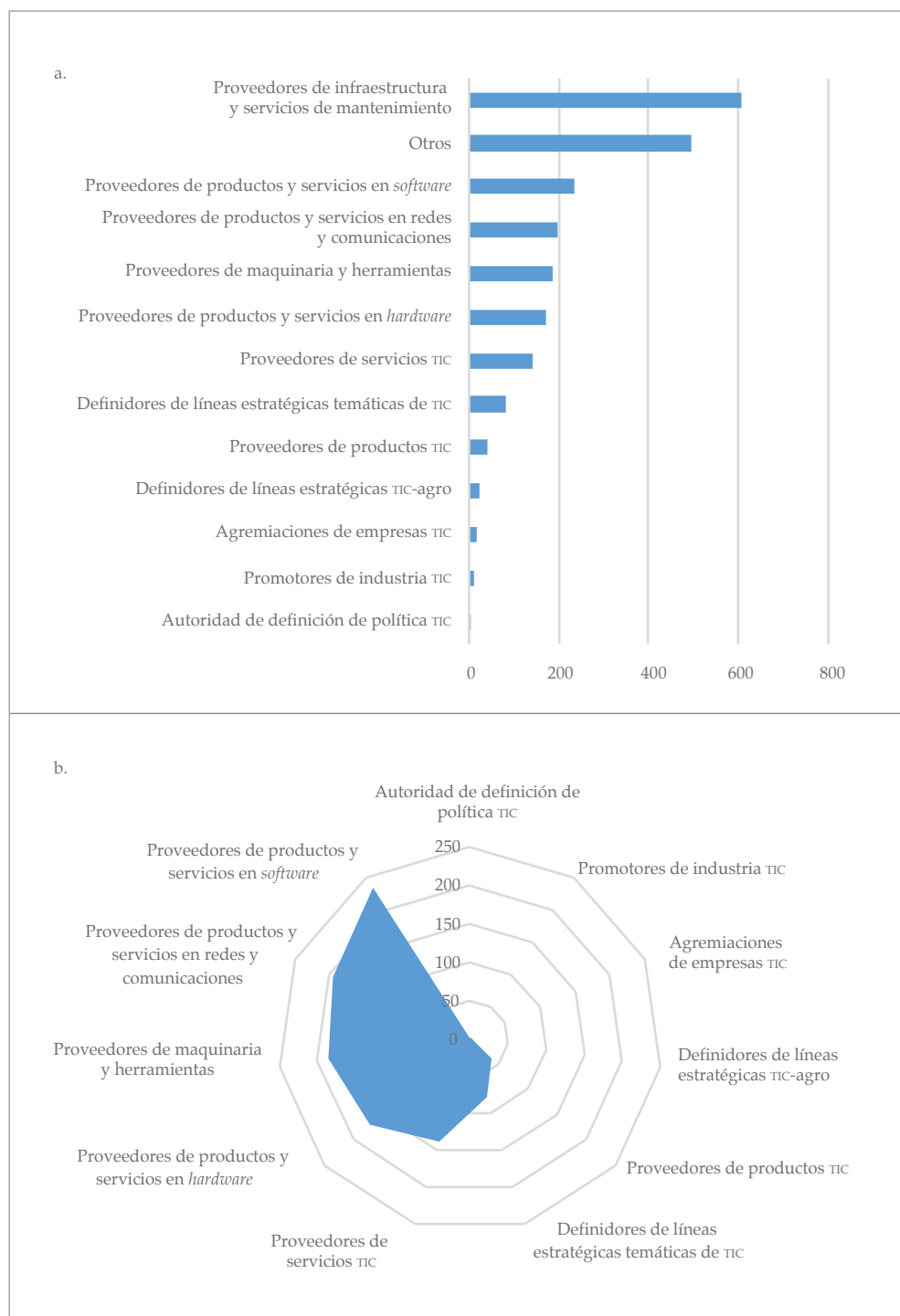


Figura 12. Análisis de actores del sector TIC por papel. a. Número de actores por papel; b. Distribución de actores por papel.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cluster Tecnología, Información y Comunicación (s. f.)

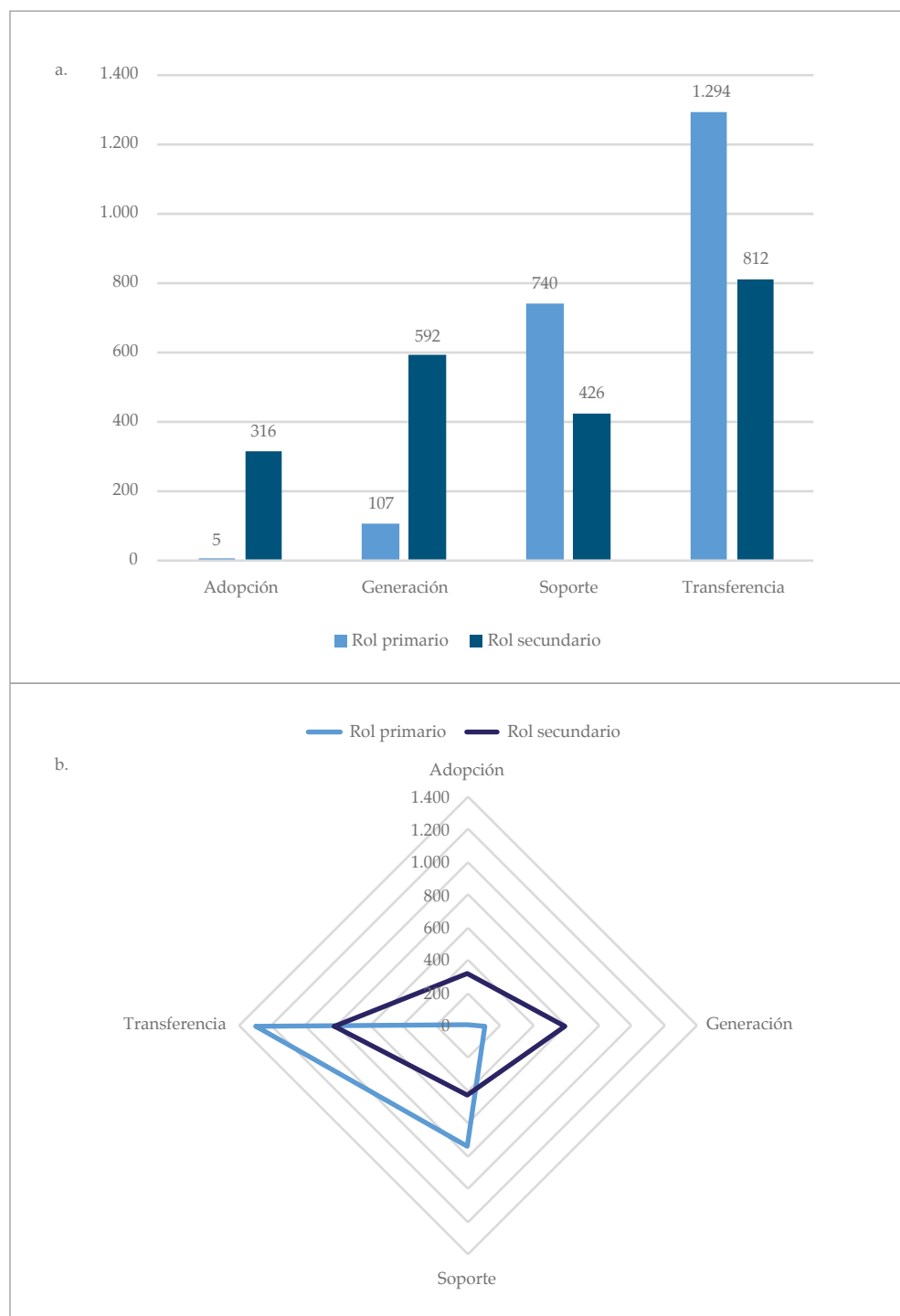


Figura 13. Análisis de actores del sector TIC por su papel (primario o secundario) en la gestión del conocimiento. a. Número de actores por papel; b. Distribución de actores por papel.
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las funciones de gestión del conocimiento, el papel principal con mayor número de actores es el de transferencia de conocimiento, con 1.294, seguido por soporte, con 740; generación, con 107, y adopción, con 5. En cuanto al papel secundario, la transferencia de conocimiento sigue liderando, con 812 actores, seguido por generación, con 592; soporte, con 426, y adopción, con 316. El mapa muestra un equilibrio en las funciones de generación del conocimiento a nivel secundario y una polarización hacia el papel de transferencia a nivel primario, debido al número de empresas identificadas.

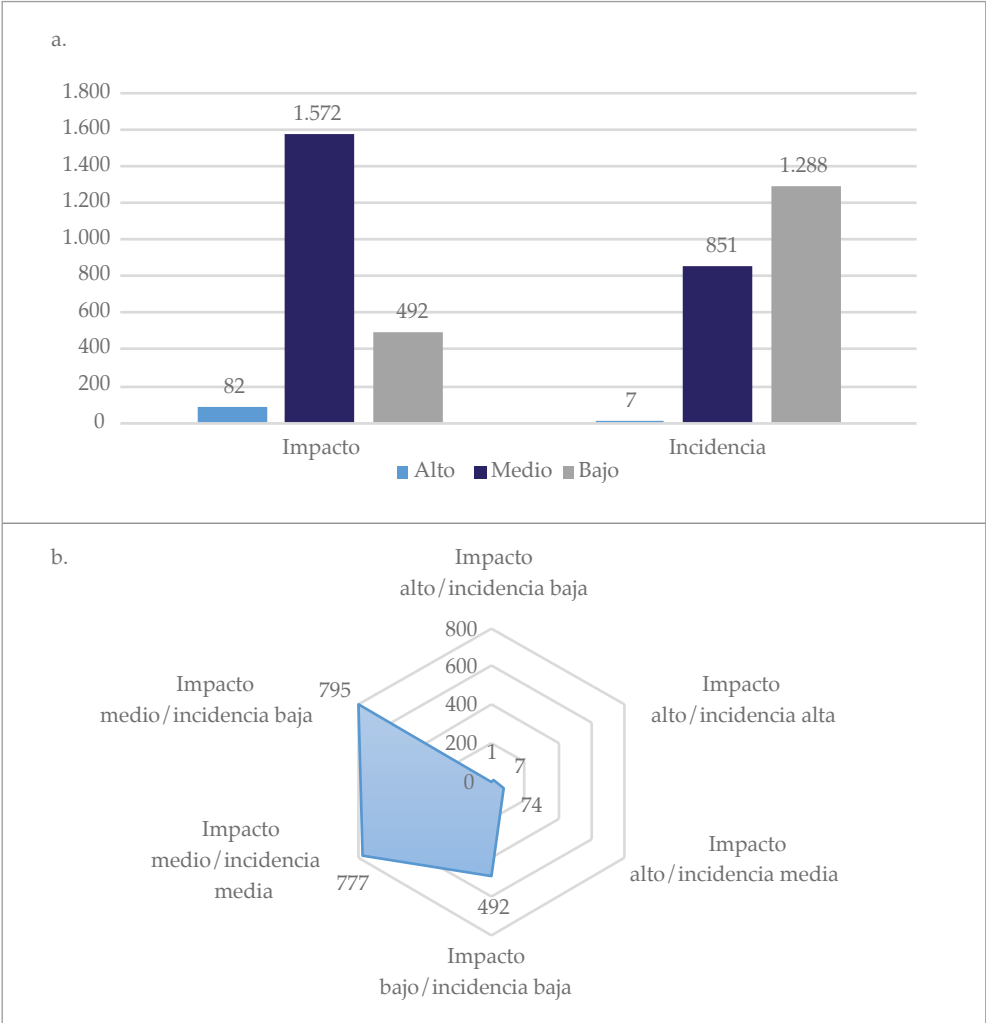


Figura 14. Análisis de actores del sector TIC por evaluación de impacto e incidencia. a. Número de actores por impacto e incidencia en la megatendencia; b. Distribución de actores bajo la relación incidencia-impacto.
Fuente: Elaboración propia

En el análisis de evaluación del impacto¹³ e incidencia¹⁴ de cada actor frente a la construcción, desarrollo e implementación del Plan Estratégico de Tecnología Informática y Comunicaciones (PETIC), se obtuvo, en cuanto al impacto, que 82 actores tuvieron un impacto alto; 1.572, medio, y 492, bajo. En relación con la incidencia, 7 actores tuvieron una incidencia alta; 851, media, y 1.288, baja. Esto genera un mapa equilibrado en el que los actores se polarizan en las categorías de mediano impacto y mediana incidencia.

En cuanto a la relación entre la incidencia y el impacto, el 36 % de los actores presentan incidencia e impacto medios, es decir, son tipo MM (777); se caracterizan por participar en algunos espacios del diseño, la formulación, la ejecución y la evaluación de la planificación, y su gestión impacta moderadamente en el contexto sectorial de la megatendencia. El 37 % son actores con incidencia baja e impacto medio, es decir, son tipo BM (795); se caracterizan por ser actores u organizaciones que no participan en el diseño, la formulación, la ejecución y la evaluación del PETIC de manera activa, y sus acciones tienen un impacto bajo-moderado en el sector de la megatendencia. El 23 % de los actores presentan incidencia e impacto bajos, es decir, son tipo BB (492); corresponden a entidades que no participan en el diseño, la formulación, la ejecución y la evaluación del plan estratégico, y sus acciones tienen un bajo impacto en el contexto sectorial de la megatendencia. Por otra parte, solo el 4 % de los actores tienen una incidencia media y un impacto alto, es decir, del tipo MA (74); corresponden a entidades que participan solo en algunos espacios de diseño, formulación, ejecución y evaluación del plan estratégico, pero cuya gestión impacta directamente el contexto sectorial de la megatendencia. Menos del 1 % son actores de incidencia e impacto altos, es decir, tipo AA; corresponden a entidades que participan activamente en el diseño, la formulación, la ejecución y la evaluación del plan estratégico y toman decisiones sobre el fortalecimiento del contexto sectorial de la megatendencia. El mapa muestra un equilibrio de actores tipo MM y MB.

¹³ Por *impacto* se entiende, en este contexto, la capacidad real o simbólica de un actor para mantener, modificar, alterar o transformar la visión estratégica y, por consiguiente, la competitividad y productividad del contexto de estudio.

¹⁴ Por *incidencia* se entiende el esfuerzo organizado por un conjunto de actores, públicos y privados, para influir en el diseño, la formulación, la ejecución y la evaluación del plan estratégico de la unidad de estudio.





En el marco de la construcción social del PECTIA, así como del Plan Estratégico de Tecnologías de la Información (PETI) para el sector agropecuario (iniciativa TIC-agro liderada por el MADR y el Mintic), se ha desarrollado un trabajo conjunto entre las diferentes entidades adscritas al MADR (ICA, UPRA, AUNAP, Incoder, Agrosavia, entre otras), así como con entidades de soporte (DNP, IGAC, DANE, CRC, etc.) coordinadas por el Mintic, para la construcción de la estrategia de conformación del PETIC a partir de un grupo base.

La ruta metodológica implica el desarrollo de seis talleres base, que orientan la estrategia, y un taller transversal específico para la construcción de lineamientos y orientaciones en ciencia y tecnología, alineados con los objetivos estratégicos del PECTIA y con sus factores habilitantes.

Problemáticas en TIC

Las problemáticas en el sector agropecuario en cuanto a las TIC se agrupan en categorías específicas construidas desde la perspectiva del equipo base del PETIC; estas son: 1) gobierno y articulación institucional, 2) gestión y apropiación del conocimiento, 3) gestión de la información, 4) infraestructura tecnológica en TIC, 5) atributos de la información, 6) gestión de recursos y financiación, 7) política y normatividad en TI, 8) accesibilidad y cobertura, 9) sistemas de información y servicios en TIC y 10) gestión organizacional de las TIC (figura 15).

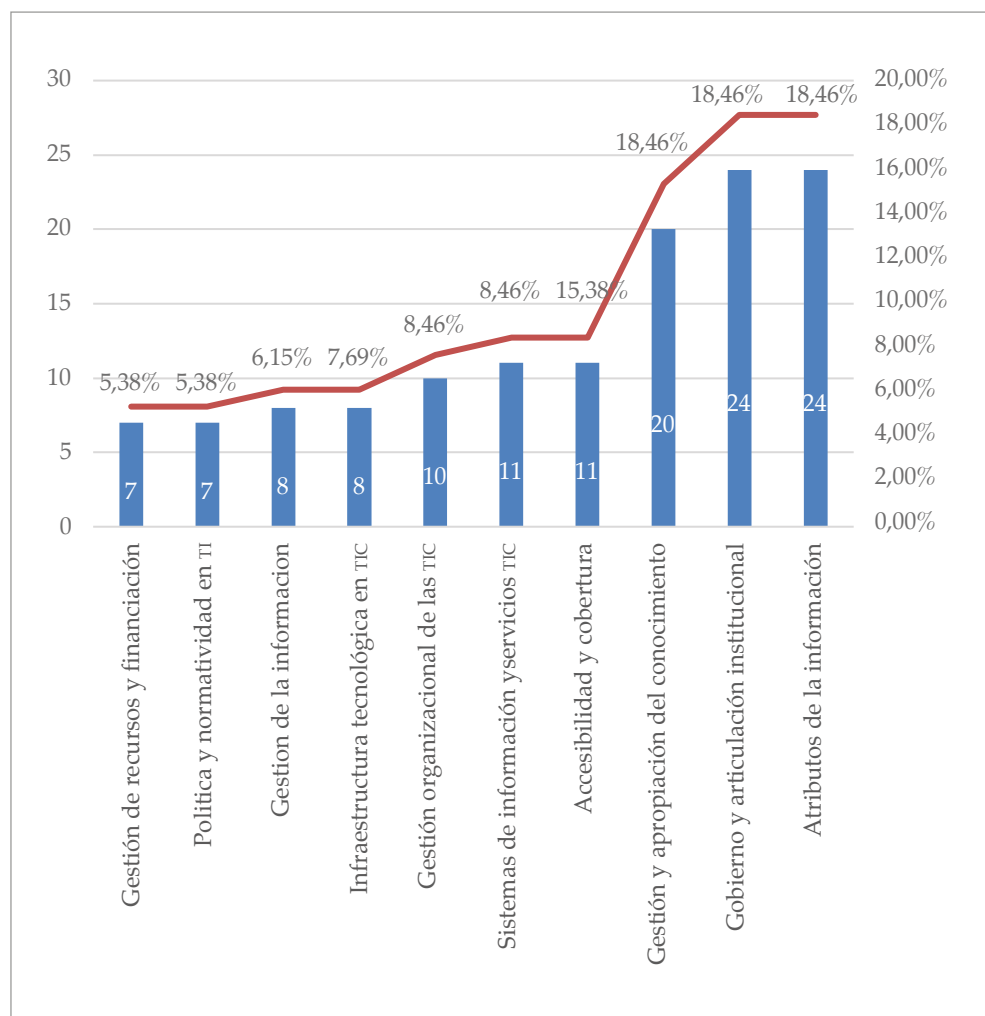


Figura 15. Problemáticas en TIC-agro por categoría.

Fuente: Elaboración propia

Se identificaron 130 problemáticas, de las cuales el 18,46% corresponde a problemáticas relacionadas con atributos de la información; el 18,46%, con gobierno y articulación institucional; el 15,38%, con gestión y apropiación del conocimiento, y el 8,46%, con accesibilidad y cobertura. En menor medida, se identificaron problemáticas en gestión de recursos y financiación (5,38%), política y normatividad en TI (5,38%), gestión de la información (6,15%) e infraestructura tecnológica (6,15%).

La figura 16 presenta la incidencia de las problemáticas en las categorías del marco de la arquitectura empresarial en TI.

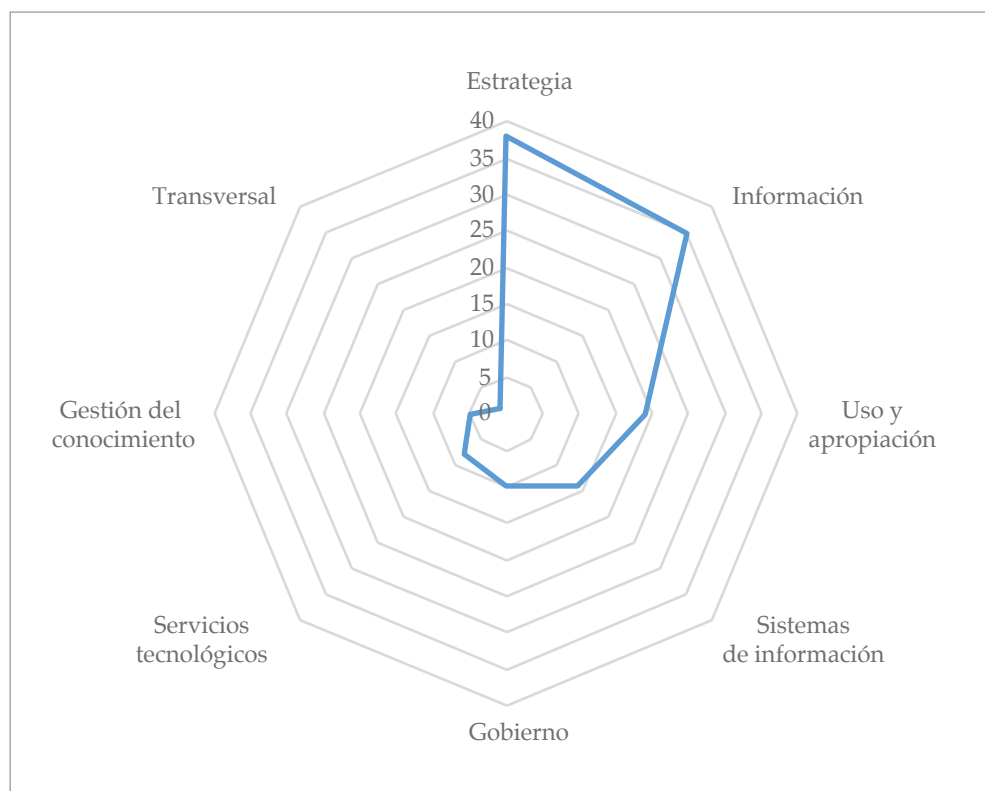


Figura 16. Incidencia de las problemáticas en el marco de referencia de arquitectura empresarial.
Fuente: Elaboración propia

De las 130 problemáticas identificadas, 38 inciden en el componente estratégico de la arquitectura empresarial; 35, en el de información; 19, en el de uso y apropiación de las TI, y 14, en el de sistemas de información. En menor medida, las problemáticas inciden en gobierno (11) gestión del conocimiento (5) y servicios tecnológicos (8).

Líneas de acción para proyectos de CTel

Como se mencionó en un capítulo anterior, el Mintic estableció, para la convocatoria 732 de Colciencias (2015), lineamientos clave para la conformación de alianzas estratégicas entre pymes de la industria de TI, entidades del sector agro y beneficiarios y grupos de investigación, para que generen soluciones a los desafíos del sector. Las siguientes son líneas de acción base para la formulación de directrices:

- Desarrollo e implementación de sistemas de información TI para los procesos de planificación rural agropecuaria como apoyo de los entes territoriales.
- Desarrollo e implementación de soluciones TI de agricultura de precisión (agricultura específica por sitio).
- Desarrollo e implementación de soluciones TI que contribuyan a la captura y procesamiento de información en campo.
- Desarrollo e implementación de soluciones TI enfocadas a la gestión de información de mercados agrícolas, agroindustriales, pecuarios, avícolas, forestales, acuícolas y pesqueros, como manejo de insumos, procesos de logística, trazabilidad de productos, *e-marketing*, *e-commerce* e *e-business*.
- Desarrollo e implementación de soluciones TI enfocadas a la gestión de la propiedad de la tierra rural.
- Desarrollo e implementación de soluciones TI para difusión, acceso, distribución, consulta y registro bidireccional de contenidos que utilicen tecnologías o medios como SMS, USSD e IVR.
- Desarrollo e implementación de soluciones TI que fomenten la gestión del conocimiento en el sector agropecuario y mejoren los procesos de asistencia técnica actuales.
- Desarrollo e implementación de soluciones TI relacionadas con *big data* y *cloud computing* dirigidas al sector agro.
- Desarrollo e implementación de soluciones TI para la gestión de información climática en procesos de cultivo.

Oportunidades y limitaciones

Las oportunidades son aspectos que favorecen o potencian el desempeño del contexto temático, y las limitaciones son aquellas situaciones, eventos o factores que impiden el desarrollo del contexto temático, ya que restringen o dificultan su desempeño. La tabla 9 resume estas oportunidades y limitaciones:

Tabla 9. Oportunidades (O) y limitaciones (L) en TIC-agro

Tipología	Descripción
O	Dinámicas mundiales de fortalecimiento en TIC para el desarrollo de programas de I+D+i en sectores estratégicos desde iniciativas gubernamentales
O	Marco político normativo específico para las TIC basado en directrices de acceso, uso y apropiación que impactan transversalmente en sectores clave
L	El marco normativo de la Ley 1341 de 2009 se basa en directrices macro de TIC sobre redes de comunicaciones, servicios y espectro radioeléctrico, pero no enfatiza, de manera concreta, las TI y el desarrollo de soluciones
O	El fuerte marco normativo con carácter transversal que se convirtió en referente para el uso de TIC en el sector agropecuario
O	Dentro de las directrices para gobierno en línea hay una específica para toda la institucionalidad en el marco de datos abiertos y acceso a la información de diferentes fuentes oficiales
O	En términos de indicadores de crecimiento y en comparación con 2013, las TIC presentan para Colombia: un 100,4 % de penetración de la telefonía móvil, un 8 % en el acceso a internet móvil, un 83 % de cobertura en telefonía móvil y un 9 % de penetración en el internet de banda ancha; de igual manera, el 38,4 % de los hogares cuenta con un computador, el 32,12 % de los hogares cuenta con acceso a internet y el 97 % de las entidades gubernamentales tienen portal web y ofrecen servicios de internet, computo, etc.
O	La promoción de formación de talento en electrónica, comunicaciones e informática desde el programa nacional de CTel, que asignó un 5,5 % (167) del total de becas asignadas entre los años 2010 y 2013. Igualmente, se han financiado 133 proyectos equivalentes a \$127.111 millones, que representan el 5,3 % de la inversión total del país en proyectos de CTel
L	Existe una brecha entre el número de egresados y de inscritos en los programas de educación superior en relación con las TI

(Continúa)

Tipología	Descripción
L	En centros de investigación, propios para el programa, no se cuenta con un centro reconocido de investigación y desarrollo tecnológico
O	Hay 704 grupos de investigación en áreas de ingeniería y tecnología, que equivalen al 17,7 % (704) del total nacional. De estos 704, 78 se categorizan en A1, y 61, en A. Además, hay 201 grupos específicos en áreas de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones
O	De las más de 60.000 publicaciones con afiliación de país Colombia en el sistema de indexación Scopus, 5.176 son en ciencias de la computación, y 8.955, en ingeniería
O	Nueve directrices de demandas en CTeI establecidas desde el trabajo colaborativo entre el Mintic y el MADR
O	De las 528 demandas de la Agenda I+D+i del sector, 42 tienen incidencia directa de la TIC, para posibles alternativas de solución, y 85 pueden ser atendidas de manera indirecta con las TIC
L	El 25 % de las demandas relacionadas con TIC apuntan a la necesidad de integrar sistemas de información, manejo de volúmenes de datos y computación en la nube del sector. Las principales áreas temáticas en las que las TIC tienen incidencia son: socioeconomía y desarrollo empresarial, sistemas de información, transferencia de tecnología, calidad e inocuidad de insumos y productos, material de siembra y mejoramiento genético
O	Las demandas se encuentran concentradas principalmente en las cadenas de hortalizas, acuícola, flores y follajes y caña de azúcar
O	Tendencia mundial en e-agricultura para la integración de TIC en la promoción de la producción agrícola, el intercambio de conocimiento y la difusión de servicios gubernamentales y de asistencia técnica en un marco de accesibilidad y asequibilidad

(Continúa)

Tipología	Descripción
L	Las directrices nacionales deben acotarse al beneficio y sostenibilidad de los actores, de manera que se establezca la medición de impacto desde la productividad y la competitividad
O	Marco referencial de la articulación TIC hacia actores “arcoíris integral”, el cual contempla infraestructura (tecnología, estructura y servicios), accesorios y servicios-contenidos
O	Lineamientos de política pública y convergencia institucional hacia la consecución de la milla final (estructuras y oferta tecnológica <i>in situ</i> para el contexto rural)
L	Poco acceso y difusión de las TIC orientadas al mercadeo de productos, el acceso a mercados, a la creación, transferencia y aplicación de conocimiento al alcance del productor y a la asistencia técnica moderna
O	Focalización de las orientaciones TIC-agro como necesidad nacional
L	Conectividad, terminales y puntos de acceso como barrera central, además de grandes volúmenes de información heterogénea que debe ser sistematizada y dinamizada a través de todos los actores
O	La convergencia tecnológica hacia soluciones móviles que garanticen acceso, asequibilidad, accesorios y aplicaciones multipropósito o especializadas (identificación en cultivo, aplicaciones de control de cosechas y manejo de poscosecha, aplicaciones de información de comercio, aplicaciones de monitoreo y georreferenciación, guías en terreno, pecuarias y maquinaria, etc.)
O	Desarrollo de tecnologías específicas, en el marco de las TIC y las TI, para el sector agro en: sensores inalámbricos, aplicaciones de redes de recolección, envío de datos en agricultura, mapeo espacial de cultivos, medición de variables en campo, detección foliar de enfermedades, tecnologías RDIF en cadenas de abastecimientos, tecnologías para fortalecer la extensión y asistencia técnica agropecuaria

(Continúa)

Tipología	Descripción
L	No se han articulado las necesidades en TIC para entornos gubernamentales e investigativos, los cuales son productores, en un enfoque integral, de plataformas integradas de información y conocimiento sectorial multiactor
O	TIC enfocadas en problemáticas transversales como sostenibilidad y cambio climático (SIG, GPS, <i>remote sensing</i>), seguridad alimentaria (disponibilidad de alimentos de calidad) y mercados (<i>e-commerce</i>)
L	Falta priorizar la oferta de tecnologías acorde con las necesidades sectoriales para generar impactos a corto, mediano y largo plazo: trazabilidad total, agricultura de precisión, gestión de aguas, robótica aplicada, <i>e-learning</i> , <i>e-commerce</i> , integración móvil e infraestructura, etc.
O	Diseño de la cadena de valor de TIC para el agro en la cual se especifican las categorías de soluciones para actividades específicas en las fases de precultivo, cosecha-cultivo y poscosecha
L	No se han priorizado los objetivos de la implementación de las TIC en el sector agropecuario colombiano; se desconoce si los objetivos están dirigidos a incrementar productividad, a conformar sistemas nacionales de innovación, a crear accesos a servicios de banca, a la asociatividad, a los agronegocios o a la gobernanza
O	Integración de la industria TIC con los productores por medio de la cooperación gubernamental
O	Líderes en investigación en TIC para agro de países y socios estratégicos como Estados Unidos, Brasil, Alemania y Francia, entre otros
O	A nivel nacional, se cuenta con ejes temáticos de focalización de problemáticas en TIC para el agro, como lo son la difusión de soluciones TIC, los sistemas de información especializados en georreferenciación, la agricultura de precisión, el análisis y la transmisión de datos bidireccional, la instrumentación tecnológica y la infraestructura rural

(Continúa)

(Continuación tabla 9)

Tipología	Descripción
O	Construcción del PETIC a través de la dinamización de las entidades del sector
O	Casos de éxito en países de África en la promoción e integración de TIC al sector agro, los cuales se enfocaron en la productividad y la competitividad, especialmente a través de la gestión de la información y el conocimiento, con lo que se aprovechó la infraestructura tecnología disponible
L	Se debe promover la integración TIC con entidades, Gobierno, productores y academia para mejorar la capacidad instalada
O	La oferta de empresas para el desarrollo de tecnologías asciende a 2.062; de igual forma, aumentó a 69 el número de grupos de investigación con potencial específico para el desarrollo de investigaciones en TIC para el agro, tanto en soluciones <i>hardware</i> como <i>software</i> para servicios y productos
O	Clara polarización en actores que transfieren conocimiento como proveedores de productos y servicios en TIC
L	Los actores que ofertan generación de conocimiento en TIC son los menos representativos a nivel de empresas
O	Los diferentes actores involucrados en la megatendencia del agro se caracterizan por participar en espacios de diseño de estrategias y por tener un impacto en el contexto sectorial
L	Carencia de recursos financieros para asegurar el uso de TIC, altos niveles de analfabetismo y falta de inclusión de mujeres y niñas en el campo de la tecnología; esto disuade a las mujeres y las niñas frente al uso de la tecnología, la falta de control y la propiedad de la tecnología
O	El potencial de las TIC para facilitar la entrada de la mujer en el rendimiento y en el desarrollo agrícolas depende de si los programas están diseñados para adaptarse a las diferentes capacidades y oportunidades de los hombres y las mujeres

Fuente: Elaboración propia



En este capítulo se presentarán los lineamientos estratégicos definidos por los actores en relación con los resultados presentados en los capítulos anteriores.

Insumos de base

Como insumos de base, se diseñaron, *a priori*, 38 lineamientos estratégicos clasificados en cinco ejes temáticos: 1) capacidades (recursos humanos e infraestructura), 2) ciencia, tecnología e innovación, 3) gestión de mercados y financiación, 4) gobernanza e institucionalidad y 5) transferencia de tecnología y asistencia técnica (tabla 10).

Tabla 10. Lineamientos de base por eje temático

Lineamientos estratégicos de base	Eje temático
Fortalecer programas de capacitación, como Jóvenes Rurales, a través de herramientas tecnológicas al alcance de todos. Igualmente, fortalecer el <i>e-learning</i> inclusivo, la integración de tecnologías móviles y de radiodifusión, entre otras.	Capacidades (recursos humanos e infraestructura)
Establecer un programa de capacitación basado en la gestión del conocimiento para los productores agropecuarios en tecnologías de la información y diseño de paquetes tecnológicos para asistentes técnicos y extensionistas.	

(Continúa)

Lineamientos estratégicos de base	Eje temático
Conformar, a partir de los clústeres regionales de TIC, en especial aquellos focalizados en el sector agropecuario, el diseño y la puesta en marcha de un centro de investigación en TIC para el agro, en el cual converjan grupos de investigación, centros de investigación del sector agro y empresas desarrolladoras de <i>software</i> .	Capacidades (recursos humanos e infraestructura)
Diseñar un programa de misiones para evaluar las experiencias de e-agricultura, las tecnologías disponibles y la cooperación con los centros de investigación especializados en TIC-agro.	
Generar, a través de iniciativas de gobierno, un esquema de capacitación en TIC básicas para productores, con unidades de asistencia técnica que permitan establecer las necesidades específicas de formación <i>in situ</i> .	
Establecer centros provinciales de gestión TIC como centros de atención de SMS y solicitudes a líneas expertas, entre otros, para la gestión de información bidireccional desde los generadores de conocimiento hacia sus demandantes.	
Asignar recursos de regalías futuras para presentar proyectos de infraestructura tecnológica que garanticen la conectividad regional.	
Diseñar directrices de formación en TIC para uso eficiente de productores y asistentes técnicos.	
Generar la necesidad del uso de las TIC por parte de productores, asistentes técnicos e investigadores y proponer capacitaciones en <i>cloud computing</i> .	
Evaluar los sistemas de información TI actuales que gestionan información pertinente para los procesos de planificación rural agropecuaria, caracterizar su estado actual y diseñar planes de mejora a corto plazo para dar soporte a las entidades territoriales en términos de cobertura e infraestructura.	Ciencia, tecnología e innovación

(Continúa)

Lineamientos estratégicos de base	Eje temático
Focalizar la cobertura móvil creciente en el acceso a internet y la cobertura móvil (equipos) en el diseño de aplicaciones para captura, procesamiento y envío de información bidireccional en las unidades productivas (tecnologías SMS, USSD e IVR).	Ciencia, tecnología e innovación
Diseñar soluciones tecnológicas en <i>software</i> para la gestión de mercados agrícolas a nivel interno y para las cadenas productivas priorizadas a través de estrategias de <i>e-marketing</i> , <i>e-commerce</i> e <i>e-business</i> ; trazabilidad de productos y cadenas de suministro inteligentes.	
Diseñar líneas de investigación centradas en la transferencia de tecnologías y adopción de equipos y maquinaria para la conformación de redes de difusión de datos (tecnologías Wimax y repetidores) para zonas no interconectadas.	
Diseñar convocatorias para desarrollar soluciones a las demandas de la Agenda I+D+i que involucran empresas desarrolladoras, grupos de investigación en áreas específicas del agro, grupos de investigación en áreas TIC y beneficiarios directos. De la misma manera, se deben implementar estrategias de cocreación con el usuario.	
Fortalecer la investigación en soluciones TIC especializadas en temáticas transversales, como la seguridad alimentaria, que utilizan sistemas de trazabilidad en la cadena de suministros agroalimentaria y sistemas de información especializados en genómica (bioinformática) y sostenibilidad ambiental (climatología y riesgo climático agropecuario).	
Promover servicios especializados en bioinformática a través de las redes de cooperación de los grupos de investigación.	

(Continúa)

Lineamientos estratégicos de base	Eje temático
Establecer, desde el programa nacional de ciencia, tecnología e innovación en electrónica, informática y comunicaciones, un capítulo especial para el sector agropecuario, específicamente para la priorización de problemáticas y el diseño de convocatorias para la ejecución de proyectos y la formación en recursos humanos.	Ciencia, tecnología e innovación
Priorizar, como línea temática de investigación para convocatorias de proyectos e iniciativas de desarrollo tecnológico, la agricultura de precisión o agricultura específica por sitio, herramienta clave para mejorar los indicadores de uso del suelo y la incidencia en los niveles de productividad de las cadenas productivas nacionales.	
Priorizar en la Agenda I+D+i las demandas afines a las TIC.	Gestión de mercados y financiación
Fortalecer el Sistema de Información de Precios y Abastecimientos del Sector Agropecuario (SIPSA) por medio de la información regionalizada de la oferta y la demanda de los productos y de sus pronósticos de producción.	
Diseñar una arquitectura de TI para sistematizar los costos de producción regionales, sus actualizaciones (a través del manejo de <i>big data</i> en cuanto a costos de fertilizantes) y sus dinámicas de oferta y demanda, entre otros factores.	
Establecer líneas de crédito especializadas en migración tecnológica de unidades productivas para conformar redes locales de almacenamiento de la información y para vincular redes regionales que alimentan sistemas de información especializados.	
Promover la asignación de recursos de inversión en TIC de diferentes fuentes, como regalías, fondos concursales y convocatorias de CTel.	

(Continúa)

(Continuación tabla 10)

Lineamientos estratégicos de base	Eje temático
Fomentar el comercio electrónico desde los gremios como estrategia de promoción y de acceso a nuevos mercados.	Gestión de mercados y financiación
Establecer un escenario interinstitucional por medio de las entidades adscritas y vinculadas al MADR para la priorización de una orientación en TIC que permita aunar esfuerzos con otras carteras como la del Mintic.	
Promocionar, a nivel institucional, metodologías de interoperabilidad y política de datos abiertos para beneficiar a los productores al convertirlos en usuarios clave de la información institucional. Establecer prioridades estratégicas en CTel y en el PETIC sectorial como una agenda vinculante al PECTIA.	
Diseñar mecanismos para la protección de desarrollos y aplicaciones en <i>software</i> desde iniciativas que articulen empresas, universidades y productores.	
Promover la cadena de valor de TIC-agro como un mecanismo de articulación de la oferta y la demanda de tecnologías para el sector.	
Conformar la cadena de valor de TIC-agro que permita gestionar la oferta y la demanda TIC por eslabones.	
Fomentar a nivel sectorial el gobierno en línea.	
Diseñar un esquema de interoperabilidad de información estratégica del sector, en términos de capacidades y requerimientos, para las instituciones adscritas y vinculadas bajo el marco normativo de arquitectura empresarial del Mintic.	

(Continúa)

Lineamientos estratégicos de base	Eje temático
Desarrollar un diagnóstico de la oferta actual de productos y servicios tecnológicos directos para el sector agro, su grado de inserción en el sector y su impacto actual.	Transferencia de tecnología y asistencia técnica
Evaluar la oferta y demanda de soluciones <i>big data</i> y <i>cloud computing</i> para temas específicos en agrobiodiversidad, cambio climático, recolección de datos de cultivos en tiempo real y almacenamiento de información genética vegetal y animal (bioinformática).	
Migración de los mecanismos de transferencia de tecnología hacia el enfoque en e-agricultura, en el que se toma como referencia el marco de articulación del modelo arcoíris integral.	
Adaptar tecnologías de sensores inalámbricos en unidades productivas para el monitoreo de datos <i>in situ</i> , especialmente climatológicos, de suelos, de la calidad de los productos y de los niveles de riego, etc.	
Establecer un programa de evaluación sectorial a nivel regional de la oferta y demanda de soluciones en TIC, para contrarrestar la demanda local con otras soluciones en entornos homólogos.	
Generar la red virtual de investigadores en agro, como estrategia homóloga a la red Linkata, para discutir temas del agro desde la perspectiva de I+D.	

Fuente: Elaboración propia

Estrategias consolidadas

La construcción de estrategias se realiza en mesas de trabajo con expertos en los cinco ejes temáticos: capacidades (recursos humanos e infraestructura), I+D+i, gobernanza e institucionalidad, transferencia de tecnología y asistencia técnica y gestión de mercados y financiación.

Para la consolidación de estrategias se utilizaron los lineamientos estratégicos de base, junto con elementos de soporte de diagnóstico (oportunidades y limitaciones) y el conocimiento y la experiencia de los expertos. Esto se realizó teniendo en cuenta que toda estrategia debe responder a uno o varios factores problemáticos identificados en el diagnóstico situacional y que su estructura responde a lo que se menciona en la figura 17.

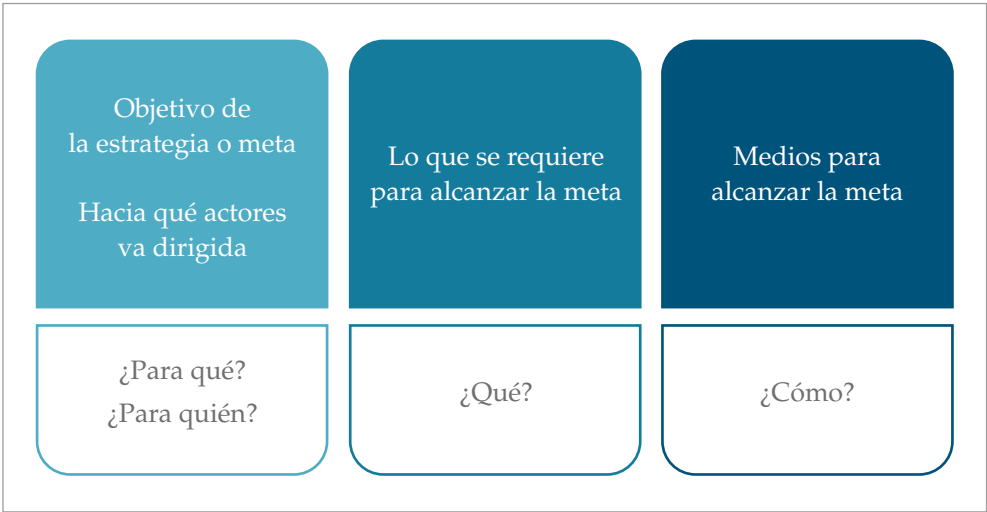


Figura 17. Estructura base para la construcción de estrategias.
Fuente: Elaboración propia

A partir de esta estructura, se construyen las estrategias en cada una de las mesas, a manera de ejemplo, como se señala a continuación:

- Para qué-para quién: gestión de la tenencia de la tierra para pequeños campesinos y productores (necesidad sectorial y usuarios a los que va dirigido).
- Qué: se necesita información catastral veraz, oportuna y actualizada (qué se requiere: insumos).
- Cómo: por medio de procesos de gestión de calidad, de generación de sistemas de información y de plataformas de interoperabilidad (proyectos para alcanzar la meta).
- Estrategia: establecer un proceso integrado y sistematizado para la gestión de predios de pequeños productores, a través de un sistema de información geográfico catastral especializado.

Las estrategias construidas se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Estrategias TIC como soporte a la I+D+i sectorial

Estrategia	Eje temático
Aumentar y mejorar la infraestructura y conectividad de internet en el país, para llegar no solo a las cabeceras municipales, sino también hasta las veredas; para esto se requiere un costo subsidiado al campesino, la canalización de los recursos públicos (regalías, dineros municipales y departamentales) e inversión privada (fondo de telecomunicaciones).	Capacidades (recursos humanos de infraestructura)
Aumentar los niveles de educación del adulto en el campo por medio de un esquema de formación semipresencial y desescolarizado y con una metodología de alfabetización digital que facilite la cobertura en todas las zonas del país.	
Desarrollar un esquema de capacitación a docentes rurales que responda a las necesidades de formación en el campo colombiano y en el que se incluyan metodologías de enseñanza de aprender haciendo junto con la integración de TIC (radio, internet y computadores).	
Mejorar la oferta de formación terciaria en las zonas rurales con programas que se ajusten a las necesidades del campo colombiano y con una política de vinculación del personal formado en el campo que a su vez aumente la cantidad de personas jóvenes en este.	
Evaluar las herramientas TI actuales que gestionan información pertinente para los procesos de toma de decisiones estratégicas; del mismo modo, caracterizar su estado actual y diseñar planes de mejora a corto plazo para dar soporte en cobertura e infraestructura a las entidades territoriales.	I+D+i
Desarrollar soluciones TIC para el diseño de aplicaciones de captura, procesamiento y envío de información bidireccional a las unidades productivas, que se ajusten a la creciente cobertura móvil en términos de acceso a internet y a la cobertura móvil (equipos).	

(Continúa)

Estrategia	Eje temático
Diseño e integración de soluciones tecnológicas en <i>software</i> para la gestión de mercados agrícolas a nivel interno, para las cadenas productivas priorizadas (a través de estrategias de <i>e-marketing</i> , <i>e-commerce</i> e <i>e-business</i>) y para la trazabilidad de productos y cadenas de suministro inteligentes que integren operadores logísticos regulados y acompañamiento gubernamental.	I+D+i
Diseñar convocatorias para el desarrollo de soluciones a las demandas de la Agenda I+D+i que involucren empresas desarrolladoras, grupos de investigación en áreas específicas del agro, grupos de investigación en áreas TIC y beneficiarios directos; de la misma manera, se deben diseñar estrategias de cocreación con el usuario.	
Fortalecer las líneas estratégicas de investigación especializadas en temáticas transversales, como seguridad alimentaria, que utilizan sistemas de trazabilidad en la cadena de suministros agroalimentaria, sistemas de información especializados en genómica (bioinformática) y sostenibilidad ambiental (climatología y riesgo climático agropecuario) y promoción de servicios especializados en bioinformática, a través de redes de cooperación entre grupos de investigación y desde el fortalecimiento de la estructura investigativa.	
Priorizar como línea temática de investigación, para convocatorias de proyectos e iniciativas de desarrollo tecnológico, la agricultura de precisión o agricultura específica por sitio como herramienta clave para mejorar los indicadores de uso del suelo y para incidir en los niveles de productividad de las cadenas productivas nacionales.	

(Continúa)

Estrategia	Eje temático
Consolidar la oferta de información estratégica sectorial desde la institucionalidad adscrita y vinculada, para priorizar los requerimientos de las diferentes entidades y actores del SNIA.	Gobernanza e institucionalidad
Diseñar el catálogo de oferta de información estratégica sectorial desde el marco normativo de la política de datos abiertos.	
Promover, mediante los dominios normativos del marco de referencia de arquitectura empresarial para la gestión de TI, la generación del ciclo de desarrollo sectorial de TI para consolidar la oferta priorizada de información.	
Promover y consolidar el acceso y la difusión (flujo bidireccional) de la información de calidad para la toma de decisiones a través de TI con monitoreo y validación de datos en campo bajo un sistema satelital sectorial y sistemas de soporte a las decisiones.	
Diseñar un ambiente legal de confidencialidad e interoperabilidad unificado que garantice la disponibilidad, el acceso y el uso de información interinstitucional a nivel público y privado	
Articular las necesidades de información en CTel, como mercados del sector público y del sector privado, bajo un esquema operativo-estratégico de empresa-universidad-Estado que permita la generación de la información faltante.	
Consolidar la cadena de valor TIC-agro para integrarla con la estructura organizacional de cadenas productivas a través del modelo arcoíris TIC, con lo que se respondería a las demandas interna y externa.	

(Continúa)

(Continuación tabla 11)

Estrategia	Eje temático
Caracterizar al usuario en función de sus necesidades, desde el punto de vista de las TIC, a partir del contexto territorial y sectorial para determinar la demanda y el impacto de las estrategias (analfabetismo tecnológico).	Transferencia de tecnología y asistencia técnica
Desarrollar y operar la línea estratégica de soluciones <i>big data</i> y <i>cloud computing</i> para temas específicos relacionados con sistemas productivos de los productores en agrobiodiversidad, cambio climático, recolección de datos de cultivos en tiempo real y almacenamiento de información genética vegetal y animal (bioinformática).	
Incluir el enfoque de e-agricultura en los mecanismos de transferencia de tecnología como una herramienta complementaria a la articulación del modelo arcoíris TIC.	
Investigar y adaptar la infraestructura tecnológica para el registro, monitoreo y transmisión de datos <i>in situ</i> de unidades productivas de los productores.	
Establecer un programa de vigilancia tecnológica con enfoque en innovación abierta TIC en el contexto territorial y sectorial que permita solucionar las demandas de los productores.	
Generar una política para fomentar espacios de interacción en red y de trabajo colaborativo entre investigadores y actores del SNIA en torno a la perspectiva de I+D+i en el agro.	

(Continúa)

Estrategia	Eje temático
Consolidar una plataforma de precios que beneficie a los pequeños productores y que sea administrada por el sector público. Los datos que suministre al usuario deben estar basados en estudios de mercado y de impacto social, con participación del sector bancario. Además, la plataforma debe presentar un análisis regionalizado a través de los diferentes sistemas de georreferenciación. Promover la educación virtual, capacitación y consulta permanente en formulación de proyectos para el campesino con herramientas enfocadas en la web que estén articuladas con programas de instituciones como el SENA e instituciones de educación superior del sector y que cuenten con el apoyo de libros virtuales (<i>e-books</i>) y de escuelas de formación agropecuaria.	Gestión de mercados y financiación
Generar una escuela virtual de agronegocios desde las asociaciones, secretarías, universidades y demás instituciones del sector que utilice herramientas tecnológicas de masificación y que incluya kioscos ubicados geográficamente por herramientas SIG; estas deben contar con datos actualizados para garantizar una cobertura más amplia que la actual y con una característica especial de vigilancia permanente por parte del personal designado por el Estado, el cual, en gran medida, debe estar conformado por personas reinsertadas que demuestren interés en el tema (internet rural).	

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidas las estrategias, los expertos realizaron dos actividades complementarias:

- Identificaron a qué objetivos estratégicos del PECTIA se enfocaba cada estrategia. Los objetivos estratégicos son: 1) mejorar la seguridad alimentaria, 2) incrementar la productividad y competitividad, 3) incentivar el

- aprovechamiento de los recursos naturales para mejorar los sistemas productivos de manera sostenible y 4) fortalecer el capital social (usuarios copartícipes de la gestión del conocimiento): redes y sistemas territoriales de innovación (STI).
- Identificaron para cada estrategia qué factores habilitantes son necesarios para su ejecución. Los factores habilitantes son: 1) gobernanza e institucionalidad, 2) marco regulatorio, 3) gestión de conocimiento, 4) financiación, 5) propiedad intelectual y 6) seguimiento y evaluación.

En la figura 18 se presenta el análisis de las estrategias frente los objetivos y los factores habilitantes.

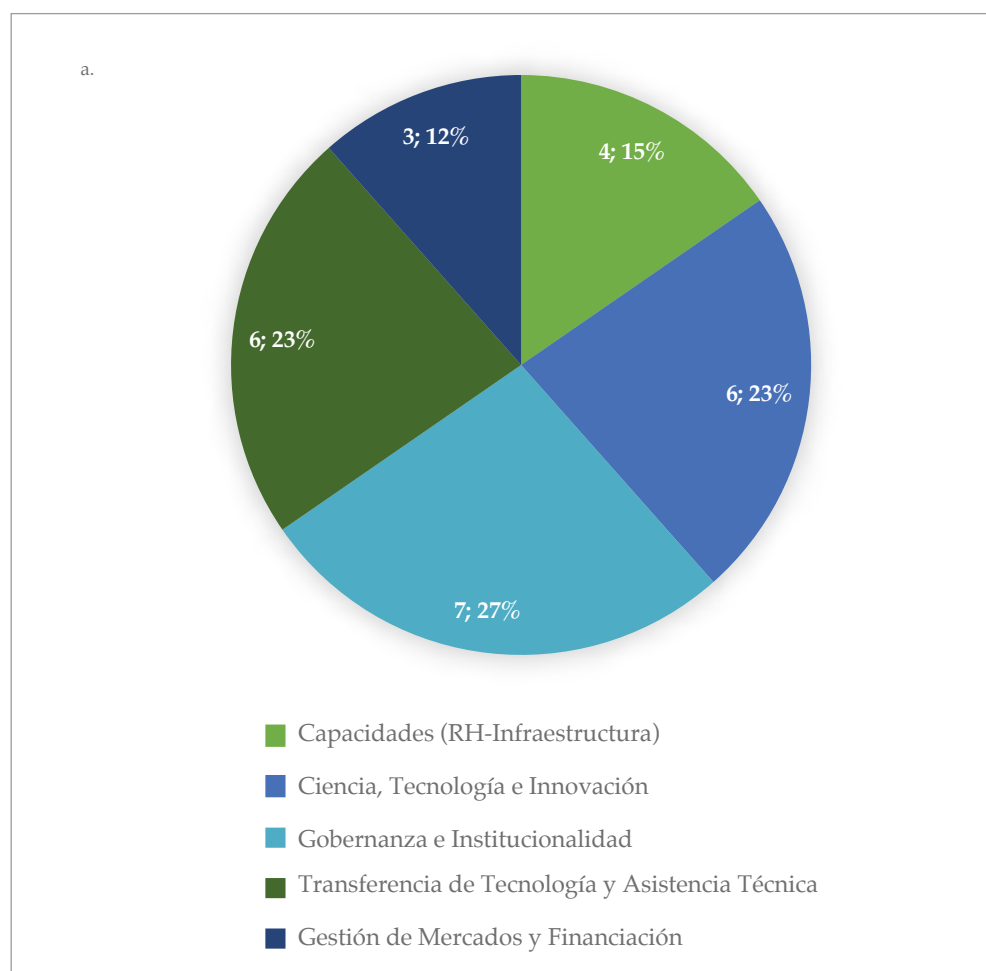


Figura 18. Análisis de estrategias TIC-agro. a. Estrategias por eje temático.
Fuente: Elaboración propia

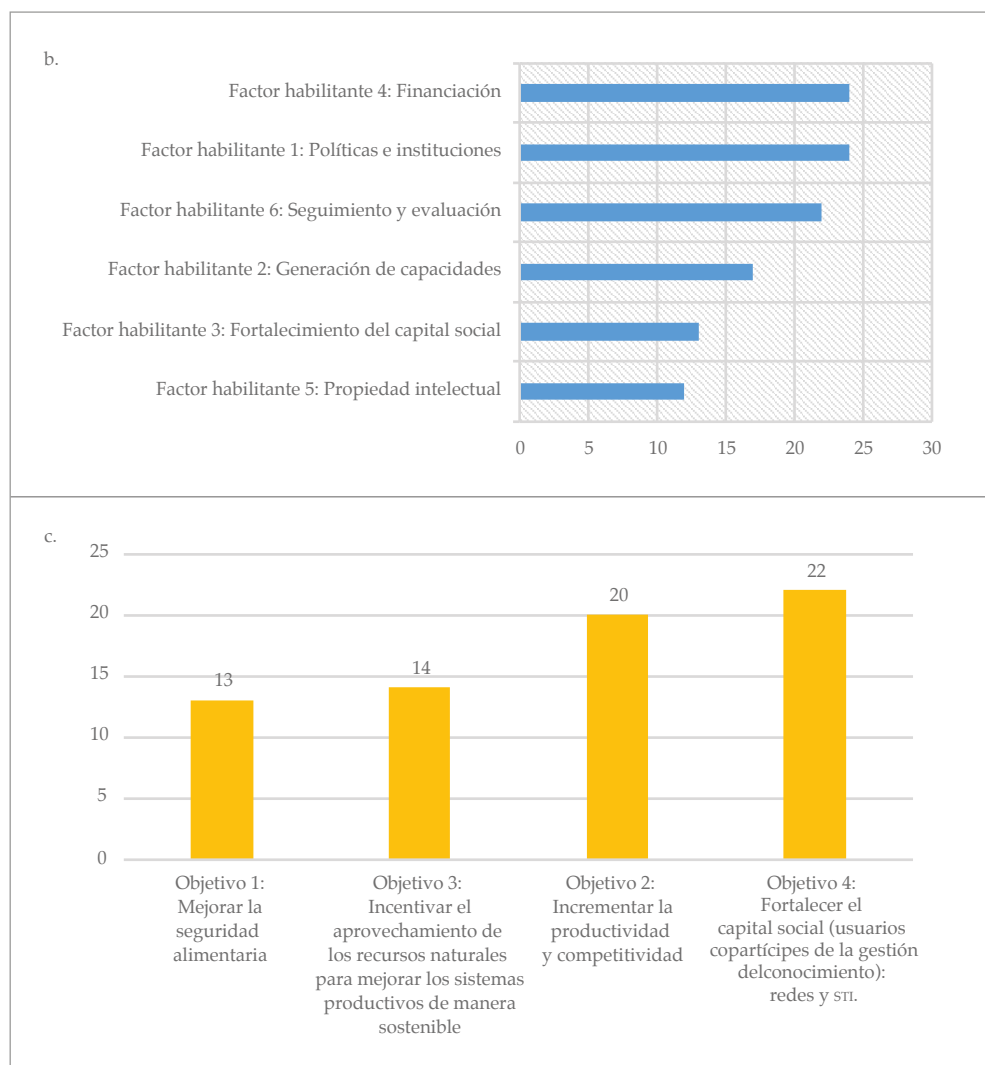


Figura 18. Análisis de estrategias TIC-agro. b. Factores habilitantes que promueven el desarrollo de la estrategia; c. Estrategias PECTIA por objetivos.

Fuente: Elaboración propia

Se definieron en total 26 estrategias: 7, en gobernanza e institucionalidad; 6, en I+D+i; 6, en transferencia de tecnología y asistencia técnica; 4, en capacidades, y 3, en gestión de mercados y financiación. De estas estrategias, 22 apuntan al objetivo de fortalecer el capital social; 20, a incrementar la productividad y la competitividad; 14, al aprovechamiento de los recursos naturales, y 13, a la seguridad alimentaria. En cuanto a los factores habilitantes, 24 estrategias requieren financiamiento y voluntad política (políticas e instituciones); 22, seguimiento y evaluación, y 17, capacidades (recursos humanos e infraestructura).

Conclusiones

Escenario prospectivo de las TIC para el sector agropecuario

A partir del análisis, en cada eje temático, de aspectos actuales y futuros de las TIC en el agro, se construyó el escenario de apuesta para el año 2026 en esta megatendencia, el cual enmarca ampliamente la manera en que las TIC deben contribuir al sector en el contexto nacional.

Gobernanza e institucionalidad

La gobernanza e institucionalidad de las TIC para el sector agropecuario (agrícola, pecuario, forestal, acuícola, pesquero y agroindustrial) se caracteriza por tener instituciones que hacen visible la información bajo una política de datos abiertos y un marco de propiedad intelectual desde una arquitectura robusta y amigable. Este eje utiliza TI funcionales y adaptativas (tecnologías de multiespectro y satelitales para la captura, validación y difusión de información multivariable, como herramientas operativas a nivel territorial) que permiten gestionar la información sectorial, desde lo nacional y lo regional, enfocada en el usuario final.

La interoperabilidad sectorial, basada en el ciclo de desarrollo de TI para toda la institucionalidad sectorial, opera bajo un marco homogéneo de infraestructura y seguridad de la información (datos abiertos, protección de la información, acceso, uso y cultura), lo cual validó la certificación ISO 27001 para todas las entidades del sector.

Este marco de gobernanza ha consolidado los mecanismos de protección de desarrollos de *software* y aplicaciones, así como el marco de integración TIC-agro institucionalizado a través de la cadena de valor de TI como elemento integral de las cadenas productivas agrícolas, pecuarias, forestales, acuícolas y pesqueras;

además, contó con canales de información especializada definidos desde el quién tiene, quién demanda y cómo es el flujo desde la cadena de valor de TIC en el agro. En la actualidad, se cuenta con el catálogo dinámico de la oferta institucional de información, lo que ha consolidado una cobertura amplia, dinámica e inclusiva de los servicios institucionales al ciudadano y, específicamente, al productor.

Investigación, desarrollo e innovación

Se consolidó, desde el Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática, un capítulo especial para el sector agropecuario, específicamente para la priorización de problemáticas, el diseño de convocatorias para la ejecución de proyectos y la formación de recursos humanos; con esto, se fortalecieron los grupos de investigación a través de las líneas de investigación consolidadas en soluciones tecnológicas para *e-marketing*, *e-commerce*, *e-business*, e-banca, trazabilidad de productos, cadenas de suministro inteligentes y sistemas de información especializados en genómica (bioinformática) y sostenibilidad ambiental (climatología y riesgo climático agropecuario). La gestión de la producción y el uso del territorio están direccionados al desarrollo de productos y servicios tecnológicos en agricultura de precisión o agricultura específica y en mapeo satelital multiespectral, entre otros.

Esta oferta tecnológica convierte a Colombia en un potencial exportador de desarrollo tecnológico para el sector agropecuario, con una oferta de productos y servicios en TI de calidad, relevancia y pertinencia; todo esto se da a través del esfuerzo de investigación en TIC-agro direccionado por el trabajo colaborativo y la cocreación con diferentes actores del agro.

Transferencia de tecnología y asistencia técnica

El agricultor cuenta con herramientas tecnológicas que le permiten tener acceso a información y tecnologías disponibles en el SNIA, de manera confiable y oportuna en tiempo real, para salvaguardar la seguridad alimentaria, incrementar la productividad y competitividad, fortalecer el capital social y mejorar los sistemas productivos de manera sostenible.

Capacidades e infraestructura

Para 2026, se espera un país repoblado en la zona rural, con una mayor presencia del Estado colombiano en el territorio, con una fuerza laboral agropecuaria más capacitada y competitiva, con niveles de alfabetización más altos y con autonomía en el uso de las TIC.

Esto repercute en una mayor productividad del campo y en mejores ingresos en las unidades productivas, que a su vez impactan en la mejora de la calidad de vida del campesino. Existe una convergencia en las metodologías y los medios educativos en las que se identifican, de manera clara, las competencias y necesidades de formación en la zona rural, lo que impacta positivamente los procesos de transferencia de conocimiento en el campo. Adicionalmente, se espera un cambio cultural en doble vía para el uso y la apropiación de las TIC en el campo, acompañado de un tejido social robusto con mejores interacciones entre la comunidad y el Gobierno y con mejoras respecto a la equidad entre hombres y mujeres.

Gestión de mercados y financiación

Se cuenta con un sector agropecuario con altas capacidades, soportado por su infraestructura tecnológica, que permite acercar el sistema de mercado y finanzas aún más al pequeño productor, que minimiza las brechas de tecnología y de desplazamiento a través de la geografía nacional y que convirtió a la tecnología en Colombia en una herramienta del campo que da respuesta a la demanda de mercados internos, a la consolidación de la oferta exportadora y a la dinamización de las cadenas de abastecimiento.

Finalmente, la integración de las TIC como megatendencia y herramienta para el desarrollo de la oferta tecnológica del sector agropecuario debe propender a cerrar la brecha entre acceso y difusión de información estratégica para la toma de decisiones, por medio de parámetros de cooperación y articulación de datos en tiempo real y con altos estándares de calidad. Todo esto está soportado en una estructura de gobierno de TIC sectorial como marco de referencia de los proyectos TIC desarrollados por los diferentes *stakeholders*. Estos proyectos deben generar espacios de CTel para que el uso de nuevas tecnologías aplicadas al sector logre beneficiar a los campesinos.



Los autores

Diego Hernando Flórez Martínez

dhflorez@agrosavia.co

Ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, con maestría en Ingeniería Industrial con énfasis en "Gestión de la innovación, productividad y competitividad" de la Universidad Nacional de Colombia. Candidato a doctor en Ingeniería-Industria y Organizaciones. Ha trabajado en la implementación de herramientas de gestión estratégica contemporánea para la formulación de planes estratégicos a nivel sectorial. Actualmente, se desempeña como profesional especializado en planeación estratégica e inteligencia competitiva en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

Claudia Patricia Uribe Galvis

curibe@agrosavia.co

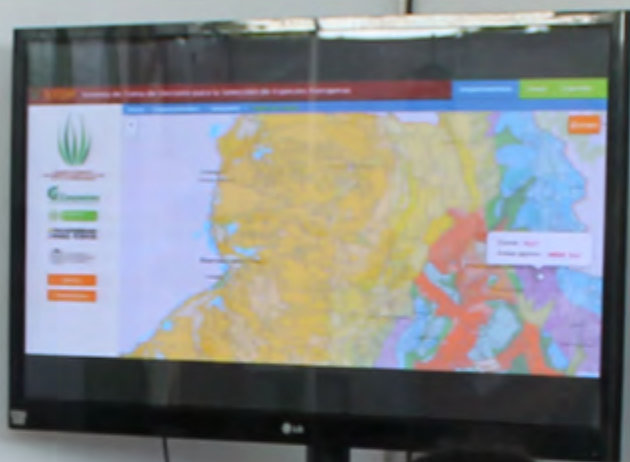
Zootecnista de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, con maestría en Desarrollo Rural de la Pontificia Universidad Javeriana. Ha trabajado como especialista del Fondo Concursal del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y como coordinadora del proyecto Transición de la Agricultura. Ejerció como Coordinadora del Observatorio Siembra, Sistema de Información de CTI. Actualmente, es jefe del Departamento de Articulación Institucional de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

venidos

agro

asistente técnico agropecuario

el bolsillo que apoya la toma de
de los asistentes técnicos agropecuarios
conocimiento, manejo y control de plagas
en diferentes cultivos del país.



Siembra

SISTEMA DE INTELIGENCIA TECNOLÓGICA DEL SECTOR

Referencias

- Aker, J. (2011). *Dial “A” for agriculture: A review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries*. Recuperado de <http://www.cgdev.org/content/publications/detail/1425497>.
- Banco Mundial. (2016). *Informe sobre el desarrollo mundial 2016: dividendos digitales* [cuadernillo del “Panorama general”]. Washington DC, EE. UU.: Banco Mundial.
- Boehlje, M. (2001). *A farming in the future: Megatrends shaping 21st century agriculture* [staff paper 1-4]. West Lafayette, EE. UU.: Department of Agricultural Economics, Purdue University.
- Casar Corredera, J. R. (Coord.). (2004). *Tecnologías de la información y las Comunicaciones: análisis de oportunidades multidisciplinares en la sociedad de la información*. Madrid, España: Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Clement, A. & Regan, L. (2000). The access rainbow: Conceptualizing universal access to the information/communication infrastructure. En M. Gurstein, *Community informatics: Enabling communities with information and communication technologies* (pp. 32-51). Hershey, EE. UU.: Idea Group.
- Cluster Tecnología, Información y Comunicación. (s. f.). Composición del sector TIC. Recuperado de <http://www.clustertic.co/site/Conocimientodelsector/Composici%C3%B3ndelsectorTIC.aspx>
- Cobo-Romaní, J. C. (2009). El concepto de tecnologías de la información. *Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento. ZER - Revista de Estudios de Comunicación*, 14(27), 295-318.
- Colombiatic. (s. f.). *Estadísticas para consulta*. Recuperado de colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-channel.html.
- Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2013). *Informe de indicadores sectoriales que permiten medir el avance de Colombia en la sociedad de la información*. Bogotá, Colombia: CRC.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). *Principales barreras para la adopción de las TIC en la agricultura y en las áreas rurales*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4011-principales-barreras-la-adopcion-tic-la-agricultura-areas-rurales>.
- Congreso de Colombia. (30 de julio de 2009). Ley de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. [Ley 1341 de 2009]. DO: 47426.
- Congreso de Colombia. (29 de diciembre de 2017). Ley de Innovación Agropecuaria. [Ley 1876 de 2017]. DO: 50461.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2014). Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Sector Servicios-EDITS IV 2012-2013. Bogotá, Colombia: DANE.
- Deloitte. (2012). *eTransform Africa: Agriculture sector study. Sector assessment and opportunities for ICT*. Recuperado de http://siteresources.worldbank.org/EXTINFORMATIONANDCOMMUNICATIONANDTECHNOLOGIES/Resources/282822-1346223280837/Agriculture_FullReport.pdf.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). (2015). *Convocatoria para el Desarrollo de Soluciones Innovadoras de Tecnologías de la Información para el Sector Agropecuario y Agroindustrial en Colombia-2015*. Recuperado de <http://www.colciencias.gov.co/convocatorias/innovacion/convocatoria-para-el-desarrollo-soluciones-innovadoras-tecnologias-la>
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). (s. f.a). *El estado de la ciencia en Colombia*. Bogotá, Colombia: Colciencias.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). (s.f.b). *Plataforma Scienti – Colombia*. Recuperado de <http://www.colciencias.gov.co/scienti>.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2015). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un Nuevo País”*. Bogotá, Colombia: DNP.
- Espíndola, D. (s. f.). *TICs en la extensión rural: nuevas oportunidades*. Recuperado de <http://agro.unc.edu.ar/~extrural/ticsenlaextensinrural.pdf>.
- Flórez-Martínez, D. H. & Uribe-Galvis, C. P. (2016). *Diseño metodológico para la integración de herramientas de prospectiva y vigilancia tecnológica en la definición de lineamientos estratégicos de ciencia, tecnología e innovación para el sector agropecuario en Colombia*. Documento presentado en III Jornadas de Planificación para el Desarrollo: construcción de futuro en América Latina y el Caribe al 2030: instituciones, experiencias y enfoques. Santiago de Chile.
- Gasmi, F. & Recuero-Virto, L. (2005). Telecommunications technologies: Deployment in developing countries. *Communications & Strategies*, (58), p. 19-41.

- Gender, Agriculture and Rural Development in the Information Society (GenARDIS). (2010). *2002-2010 Small grants that made big changes for women in agriculture*. Recuperado de https://www.apc.org/sites/default/files/Genardis_EN.pdf.
- Guerra, M. R. & Oviedo, J. D. (2011). *De las comunicaciones a las TIC: ley de TIC de Colombia (Ley 1341/09)*. Bogotá, Colombia: CEPAL.
- Guía Soluciones TIC. (s. f.). *Directorio*. Recuperado de <http://www.guiadesolucionestic.com/directorio-tic>.
- Hoque, M. R. & Sorwar, G. (2015). ICT based e-government services for rural development: A study of union information and service center (UISC) in Bangladesh. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 71(1), 1-19.
- Joint Research Centre (JRC), Monitoring Agriculture Resources (Mars), Zarco-Tejada, P. J., Hubbard, N., & Loudjani, P. (2014). *Precision agriculture: An opportunity for EU farmers - potential support with the CAP 2014-2020* [Estudio]. Bruselas, Bélgica: Parlamento Europeo.
- Knowledge Sharing Tools and Methods Toolkit. (s. f.) Home. <http://www.kstoolkit.org/>.
- Lee, W. S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D., & Li, C. (2010). Sensing technologies for precision specialty crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74(1), 2-33.
- Meera, S. N., Jhamtani, A., & Rao, D. U. M. (2004). *Information and communication technology in agricultural development: A comparative analysis of three projects from India*. Recuperado de http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/4915/agrenpaper_135.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic). (s. f.a). *Normatividad*. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyname-510.html>.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic). (s. f.b). *Ventanilla única de trámites y servicios (VUTIC)*. Recuperado de <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-6398.html>.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic). (2012). *Colombia, líder en América Latina en servicios en línea*. Recuperado de <http://mintic.gov.co/portal/604/w3-article-2782.html>.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic). (2013). *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de los Sectores Electrónica, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (ETIC) en Colombia*. Bogotá, Colombia: Mintic.

- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Mintic). (2015). *Plan Vive Digital 2014-2018: iniciativa TIC y Agro*. Bogotá, Colombia: Mintic.
- Nair, A. & Fissaha, A. (2010). *Rural banking: The case of rural and community banks in Ghana* [Agriculture and rural development discussion paper, N.º 48] Washington, EE. UU.: Banco Mundial.
- Naisbitt, J. (1984). *Megatrends*. Nueva York, EE. UU.: Warner Books.
- Naser, A. & Concha, G. (2011) *El gobierno electrónico en la gestión pública* [Serie Gestión Pública]. Santiago de Chile: ILPES y CEPAL
- Neven, D. (2015). *Desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles. Principios rectores*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Ocampo, J. A. (2014). *Saldar la deuda histórica con el campo. Marco conceptual de la Misión para la Transformación del Campo*. Bogotá, Colombia: Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Olson, K. (1998). *Precision agriculture: Current economic and environmental issues*. Documento presentado en la VI Joint Conference on Food, Agriculture, and the Environment. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=E28530F17F8112ADCAB986050AF199BD?doi=10.1.1.17.6&rep=rep1&type=pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2013). *Uso de TIC en educación en América Latina y el Caribe. Análisis regional de la integración de las TIC en la educación y de la aptitud digital (e-readiness)*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002193/219369s.pdf>.
- Orozco, O. A. & Llano, G. (2016). Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(28), 83-102.
- Pretty, J., Sutherland, W. J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bell, M., ... Pilgrim, S. (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8(4), 219-236.
- Rehman, A., Zafar, A., Islam, N., & Shaikh, Z. A. (2014). A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, 36(2), 263-270.
- Robert, P. C. (2002). Precision agriculture: A challenge for crop nutrition management. *Plant and Soil*, 247(1), 143-149.
- Siembra. (s. f.). *Agenda*. Recuperado de <http://www.siembra.gov.co/siembra/Agenda.aspx>.

- Scopus. (s. f.). *Document search*. Recuperado de <http://www.scopus.com>.
- Tembo, R. (2008). *Information and communication technology usage trends and factors in commercial agriculture in the wine industry* (Tesis de maestría). Cape Peninsula University of Technology, Ciudad del Cabo, Sudáfrica.
- World Bank. (2017). *ICT in agriculture: Connecting smallholders to knowledge, networks, and institutions*. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/522141499680975973/ICT-in-agriculture-connecting-smallholders-to-knowledge-networks-and-institutions>.

Terminó de diseñarse
en noviembre de 2018, Bogotá, D. C., Colombia

El desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agropecuario se ve influenciado por las dinámicas del entorno mundial desde factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales. Estas dinámicas se desarrollan en el mediano y largo plazo direccionando tendencias específicas con impacto global, es decir, megatendencias. Este documento presenta el panorama actual de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en relación con el sector agropecuario.

A través de la implementación de herramientas de inteligencia competitiva como el diagnóstico del entorno, la vigilancia tecnológica, la consulta con expertos y la prospectiva, se construyen para las TIC, sus perspectivas, tendencias y visiones de futuro. Este documento busca dar una línea de base, que soporte la formulación de proyectos de investigación, desarrollo e innovación con potencial de uso e impacto de las TIC; así como ser referente metodológico para el análisis de otras megatendencias.



BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: **bac@agrosavia.co**

TELÉFONO: **(57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274**

SKYPE: **[biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/join/biblioteca.agropecuaria)**

www.agrosavia.co

Distribución gratuita
Prohibida su venta



**El campo
es de todos**

Minagricultura