

Lineamientos de política pública para la promoción de la agrotecnología

Producto No. 2 – Contrato DNP-546-2021
Subdirección de Producción y Desarrollo Rural
Dirección de Desarrollo Rural Sostenible (DDRS)
Departamento Nacional de Planeación (DNP)

Contenido

1. Marco conceptual	4
2. Árbol de problemas identificado	8
3. Antecedentes de política pública para la agrotecnología en Colombia	9
3.1. Antecedentes relacionados con conectividad digital en áreas rurales	9
3.2. Antecedentes relacionados con la promoción del desarrollo empresarial de base tecnológica y su financiamiento	11
3.3. Antecedentes relacionados con la transformación digital en el sector público.....	13
4. Diagnóstico.....	15
4.1. Brechas significativas de acceso a servicios de conectividad digital en zonas rurales.....	16
4.2. Baja oferta de soluciones tecnológicas para la agricultura digital desarrolladas a partir de las necesidades de los productores.....	18
4.3. Habilidades y capacidades técnicas de los productores por consolidar para aprovechar tecnologías digitales.....	22
4.4. Ausencia de proyectos en la institucionalidad pública rural para el aprovechamiento de tecnologías y activos digitales en la planeación, implementación, seguimiento y evaluación de las políticas públicas sectoriales.....	23
5. Líneas potenciales de acción	24
5.1. Estrategia 1: Impulsar mayor conectividad en áreas rurales como apoyo a la implementación arreglos de agrotecnología (agricultura de precisión, agricultura inteligente), considerando potencialidades productivas regionales	24
5.1.1. Identificar áreas rurales estratégicas para la producción agropecuaria con necesidades de conectividad a redes de telecomunicaciones.....	25
5.1.2. Fomentar la utilización de nuevos modelos innovadores para la conectividad de áreas rurales remotas con potencial productivo agropecuario.....	25
5.2. Estrategia 2: Fortalecer condiciones habilitantes para el desarrollo de emprendimientos de base tecnológica en el sector agropecuario.....	26
5.2.1. Estructurar proyectos empresariales basados en las prioridades de investigación, desarrollo e innovación del PECTIA, para su constitución como spin-offs.....	26
5.2.2. Crear estrategias de atracción de fondos de financiamiento inteligente para proyectos innovadores de iniciativa privada de agrotecnología.....	27
5.3. Estrategia 3: Fortalecer capacidades para la apropiación tecnológica en los productores y el sector público agropecuario.....	27
5.3.1. Fortalecer la presencia de programas de generación de capacidades digitales con enfoque productivo agropecuario en la oferta institucional de formación para el trabajo.....	27
5.3.2. Modernizar componentes del servicio de extensión agropecuaria para apoyar la generación de habilidades digitales prácticas en los productores rurales	28
5.3.3. Crear un servicio de analítica de datos público para los sistemas productivos agropecuarios ..	28

Índice de Figuras

Figura 1. Fases de la AP	6
Figura 2. Árbol de problemas	8
Figura 3. Instrumentos de financiamiento durante el ciclo de desarrollo de las Pyme	20

Índice de Tablas

Tabla 1. Uso de tecnologías digitales según actividad productiva	15
Tabla 2. Número de suscripciones a internet de banda ancha fijo y móvil por cada 100 habitantes	17
Tabla 3. Proporción de hogares en áreas urbanas y rurales con acceso a internet en casa y estimación de la brecha urbano-rural	18

1. Marco conceptual

Desde la segunda mitad del siglo XVIII, las grandes transformaciones económicas a nivel global se han derivado recientemente de procesos de cambio y han modificado las relaciones económicas tradicionales y el uso de los recursos como la mano de obra. En 1760, con la introducción de la máquina de vapor se originó la primera revolución industrial. Posteriormente, a comienzos del siglo XX, se iniciaron los procesos de producción en masa, la introducción de los motores de combustión y el uso masificado de la electricidad, como un conjunto de cambio tecnológico denominado segunda revolución industrial. Desde mediados del siglo XX, la humanidad se encuentra atravesando una tercera revolución industrial caracterizada por la existencia de una “sociedad de la información” basada en diversas TIC, la computación, la generalización del uso del internet, un vigoroso impulso de la electrónica y la automatización industrial (Silva Belén, 2016). Mientras que se consolida esa tercera revolución industrial, se está presentando una nueva evolución en las sociedades industriales, las cuales están transitando hacia una cuarta revolución (4RI) marcada por la difusión de la digitalización.

La 4RI abre las puertas a una mayor intensificación de la automatización en la producción a partir de la aplicación de nuevas tecnologías que permiten implementar “sistemas inteligentes” capaces de recolectar, procesar, aplicar y evaluar información para aumentar productividad, lograr grandes eficiencias en el uso de los insumos y alcanzar mayores niveles de sostenibilidad ambiental; en últimas, se hacen cada vez más borrosas las fronteras entre las esferas físicas, digitales y biológicas (Schwab, 2015) como, por ejemplo, el desarrollo de la nanotecnología. En este sentido, el campo de la agricultura digital o agricultura 4.0¹, puede catapultarse sobre lo logrado hasta ahora con la tercera revolución industrial y aprovechar el desarrollo de nuevas tecnologías emergentes para consolidar aún más sus efectos en la optimización de la producción agroalimentaria.

Dentro de la 4RI cobra relevancia el concepto de transformación digital, definido por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico -OCDE- como el conjunto de efectos económicos y sociales que se derivan de la digitalización para la generación de productos y servicios². A su vez, la noción de la digitalización se puede entender en términos generales como la masificación de datos digitales que usan un lenguaje informático binario sobre el cual se basa la gran mayoría de dispositivos electrónicos contemporáneos. En tal sentido, estos dispositivos pueden recopilar, analizar, procesar y transmitir información con mayor agilidad y su tratamiento permite innovaciones como la capacidad de interpretación y optimizar tareas, incluso en tiempo real, como es el caso de la Inteligencia Artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IdC).

De acuerdo con la Red Temática de Agricultura Inteligente (en inglés, *Smart Farming Thematic Network* -smartAKIS), se pueden identificar tres campos generales derivados del marco general de la agricultura digital (smartAKIS, s.f.). El primer campo consiste en la administración de sistemas de información, con lo cual es posible recopilar, procesar, guardar y diseminar datos para adelantar las

¹ En este documento se utilizará el término agricultura digital.

² Definición citada del Documento CONPES 3975 *Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial*, aprobado el 8 de noviembre de 2019.

operaciones y funciones de los sistemas productivos agropecuarios. El segundo campo congrega la Agricultura de Precisión (AP), sobre la cual se profundizará a continuación y que precede el contexto de 4RI actual, pero que igualmente puede enmarcarse en estas nuevas tendencias de digitalización agropecuaria y, en conexión con esto, la agrotecnología. La AP permite el manejo a detalle de la variabilidad espacial y temporal dentro de los sistemas productivos agropecuarios, para mejorar la rentabilidad económica a partir del uso eficiente de los recursos e insumos para la producción y la reducción de los impactos ambientales. Como tercer campo se identifica el uso de procesos de automatización, robótica e inteligencia artificial en el sector agropecuario.

La AP busca mejorar el desempeño productivo y económico de los sistemas de producción por medio de una administración basada en la utilización de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) que permiten gestionar datos para el manejo y desarrollo de los cultivos (Heimlich, 1998). El principal factor diferencial frente a la agricultura tradicional consiste en que la AP se efectúa bajo un enfoque de administración específica en sitio³ que puede hacer uso de la automatización de los procesos productivos. En tal sentido, la AP puede ser implementada en todas las prácticas agrícolas que usen TIC, bien sea desde la dosificación de los insumos de producción para obtener unos resultados deseados, hasta el monitoreo de las fases del proceso productivo (Bongiovanni & Lowenberg-DeBoer, 2004).

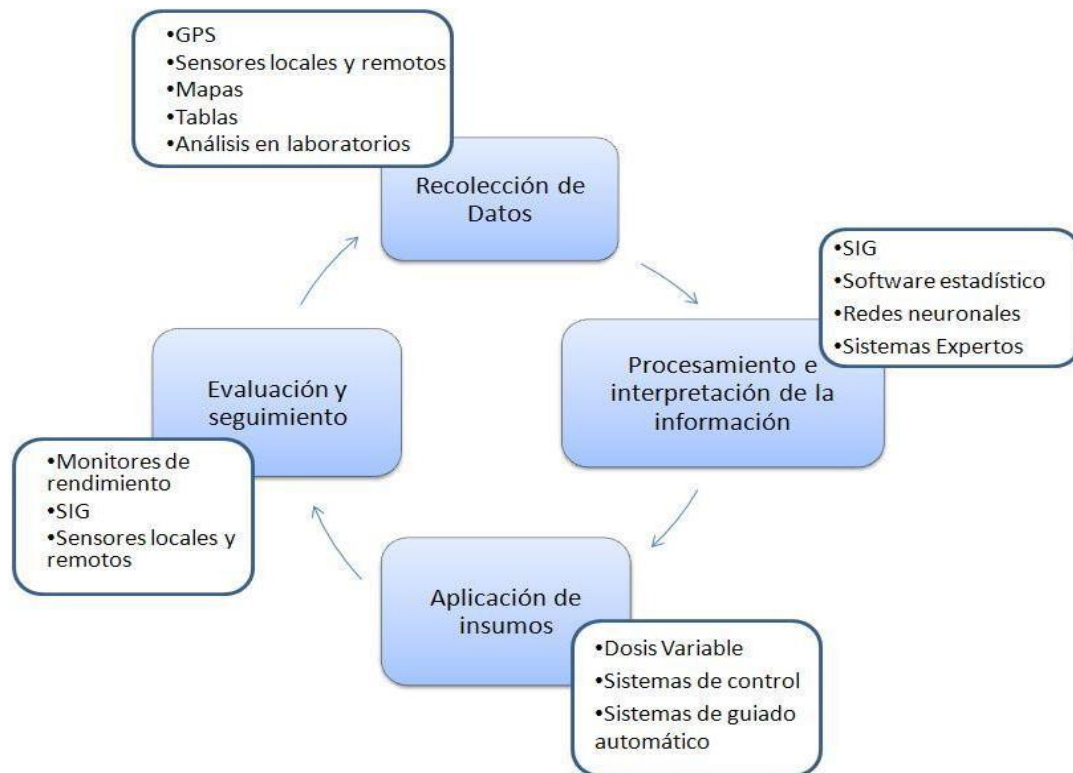
La georreferenciación de las medidas de administración del sistema productivo es imprescindible. Se requiere para entender apropiadamente las condiciones de los terrenos, el medioambiente y otros factores de interés para las particularidades del sistema productivo (Ochoa, Forero Pachón, & Cangrejo Aljure, 2012), de tal manera que se puedan utilizar óptimamente los insumos agrícolas en el momento, cantidad y frecuencia adecuados. En consecuencia, los sistemas de información geográfica (SIG) son un soporte significativo para las demás tecnologías utilizadas en AP.

De acuerdo con Leiva (2003)⁴, la AP es un proceso cíclico y continuo, conformado por cuatro fases: (i) recolección de datos; (ii) procesamiento e interpretación de la información; (iii) aplicación de insumos y (iv) evaluación y seguimiento. Como puede apreciarse en la Figura 1, la AP es un sistema integrado de gestión de los procesos productivos agrícolas, donde las medidas de manejo de la información desde el punto de vista de su captura, procesamiento, análisis, interpretación, utilización y seguimiento requieren de procesos especializados y soportados en diversas tecnologías de obtención de datos y ejecución de tareas.

³ Su denominación en inglés es *site-specific management* (SSM) y es definida por Lowenberg-DeBoer y Swinton (1997) como “el monitoreo y control electrónico aplicado a la recolección de datos, el procesamiento de la información y el apoyo a las decisiones para la asignación temporal y espacial de insumos para los cultivos” (traducción propia). No obstante, la SSM no se cierra únicamente a las actividades agrícolas, sino que también puede aplicarse en las pecuarias.

⁴ Como se cita en Ochoa, Forero Pachón & Cangrejo Aljure (2012).

Figura 1. Fases de la Agricultura de Precisión



Fuente: Leiva, F. (2003). La Agricultura de Precisión: Una producción más sostenible y competitiva con visión futurista. VII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Bogotá D.C.

De esta manera, la AP puede resumirse en pocas palabras, como lo hacen Bongiovanni y Lowenberg-DeBoer (2004), en “hacer lo correcto, en el lugar correcto y en el momento correcto”⁵. Ahora bien, como lo señalan Ochoa, Forero Pachón & Cangrejo Aljure (2012), la AP no es un concepto nuevo. Las primeras investigaciones en la materia se remontan a la década de los años 80 con la aplicación del geoposicionamiento global de la tecnología GPS⁶ y de controladores remotos en maquinaria agrícola. Estas iniciativas se originaron en Australia, Canadá, Estados Unidos y Europa Occidental, para brindar dosificación variable de fertilizantes y otros nutrientes a los cultivos. En el contexto latinoamericano, Argentina es el país que más desarrollos en tecnologías de AP ha generado por medio del liderazgo de su Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) desde 1995; también se presentan experiencias en Brasil, Colombia, México, Bolivia, Perú y Ecuador, pero a una escala menor y principalmente como resultado de iniciativas impulsadas por el sector privado.

El aspecto novedoso de pensar la AP como un importante componente de la agrotecnología que puede impulsarse con mayor decisión tiene que ver con la posibilidad de construir sobre los avances de la tercera revolución industrial que ha sido generada por la introducción del internet y

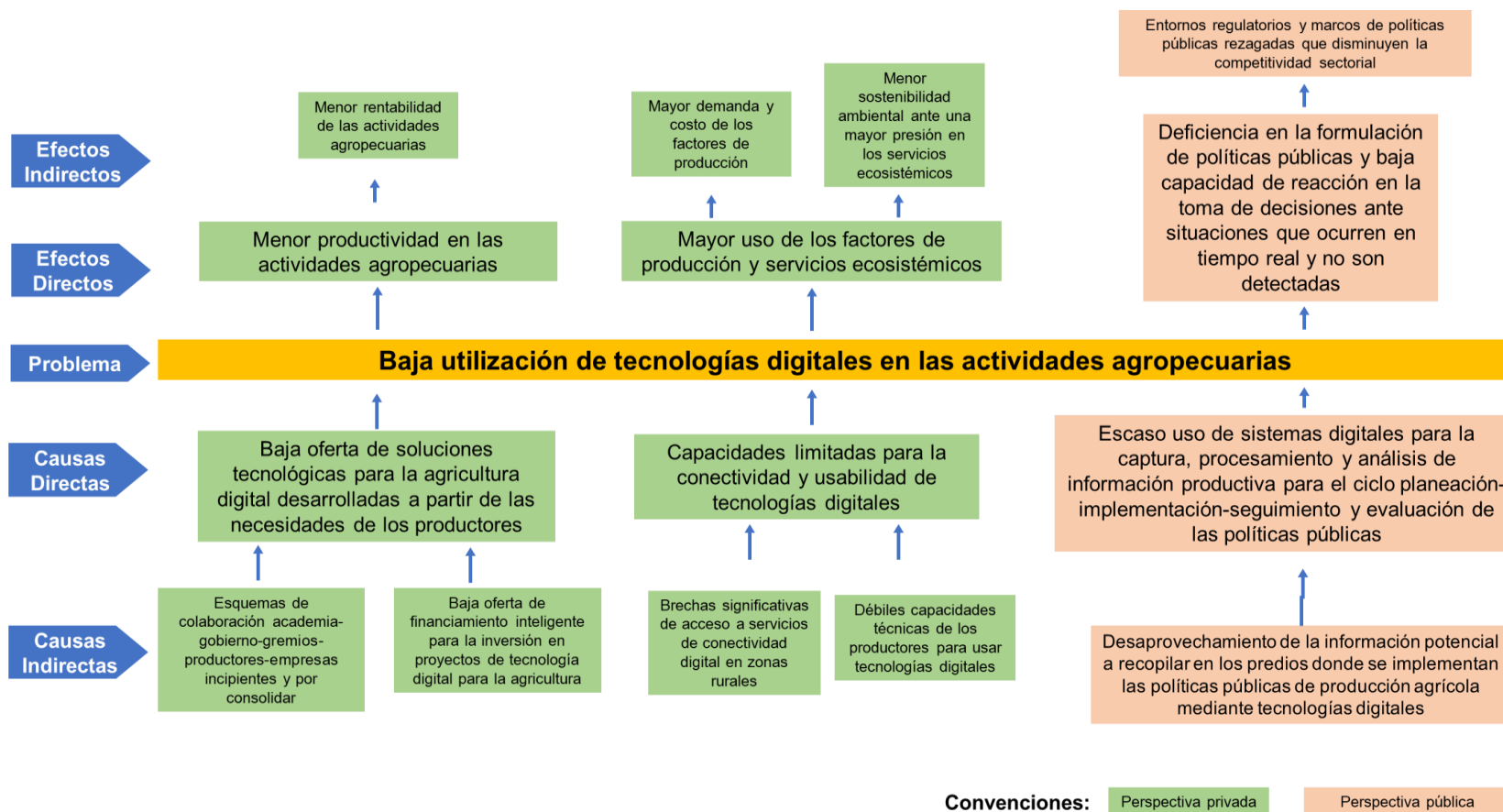
⁵ Traducción ofrecida por el autor de este documento guía. El enunciado original en inglés reza así: “*Site-specific management (SSM) is the idea of doing the right thing, at the right place, at the right time*” (Bongiovanni & Lowenberg-DeBoer, 2004, pág. 360).

⁶ Sigla en inglés para *Global Positioning System*.

las TIC en general. Sin embargo, los retos en las áreas rurales de países como Colombia a nivel de cobertura del servicio de internet, baja capacitación de los trabajadores rurales para su uso, deficientes mecanismos de apoyo para la generación de nuevos emprendimientos e innovaciones tecnológicas para el sector agropecuario y los altos niveles de inversión requeridos (Rodrigues, 2012), se destacan como los principales obstáculos para avanzar hacia una mayor implementación de la agrotecnología en el sector agropecuario.

2. Árbol de problemas identificado

Figura 2. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

3. Antecedentes de política pública para la agrotecnología en Colombia

A continuación, se presentan antecedentes de política pública relacionados con los tres ámbitos identificados en el anterior árbol de problemas. En consecuencia, se observan los antecedentes vinculados a la expansión de la conectividad digital en áreas rurales, el fomento al desarrollo empresarial de base tecnológica como oferente de soluciones tecnológicas para el sector agropecuario, y la transformación digital en el sector público.

3.1. Antecedentes relacionados con conectividad digital en áreas rurales

En cuanto al fomento de la aplicación de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) para la mejora de procesos públicos y de la productividad en el sector privado, Colombia ha contado con políticas nacionales de fomento en estas materias con mayor ímpetu desde el año 2000.

El Documento CONPES 3072 *Agenda de Conectividad*⁷ buscó fortalecer el ecosistema de formación y acceso a tecnologías de la información (principalmente internet), por medio de ajustes a la oferta institucional existente en la época. Posteriormente y hasta 2018, se ha dado énfasis en mejorar la prestación de servicios gubernamentales por medio de las TIC, a través de diversas medidas que hoy se concentran en la estrategia “Gobierno digital”.

Por su parte, el Plan Vive Digital 2010-2014 y el Plan Vive Digital para la Gente 2014-2018 han permitido mejorar la conectividad a internet a nivel nacional, particularmente en zonas rurales, por medio de estrategias como los kioscos y puntos vive digital. En conexión con lo anterior, se destaca el Plan Nacional de Conectividad Rural⁸, derivado del punto sobre Reforma Rural Integral (RRI) del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera. Este plan integra importantes metas para lograr que la totalidad de las cabeceras municipales del país cuenten con conexión a internet de alta velocidad y que el 100 % de los centros poblados con más de 100 habitantes ubicados en municipios PDET tengan acceso comunitario a internet hacia el año 2031.

Es igualmente importante resaltar la aprobación de la Ley 1978 de 2019⁹, con la cual se enfatiza la necesidad de promover prioritariamente el acceso a las TIC para la población pobre y vulnerable en zonas rurales y apartadas del país, como principio orientador de los procesos de investigación, fomento, promoción y desarrollo de las TIC en el país¹⁰. Así mismo, orienta la

⁷ Aprobado el 9 de febrero de 2000. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3072.pdf>

⁸ Adoptado bajo la Resolución 1722 del 12 de julio de 2019 de Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC). Disponible aquí: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/125867:MinTIC-implementa-el-Plan-Nacional-de-Conectividad-Rural>

⁹ Por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se distribuyen competencias, se crea un regulador único y se dictan otras disposiciones.

¹⁰ Este nuevo principio orientador se fijó mediante el artículo 3° de la Ley 1978 de 2019, el cual modificó, entre otros, el numeral 1° del artículo 2° de la Ley 1341 de 2009 “Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la

promoción de la inversión hacia varios fines, entre ellos el aprovechamiento de las TIC con enfoque productivo para el sector rural¹¹.

Considerando las prioridades señaladas en la Ley 1978 de 2019, la asignación del espectro radioeléctrico de las bandas de frecuencia de 700 MHz, 1.900 MHz y 2.500 MHz para los operadores de telecomunicaciones móviles es un paso importante para brindar un mayor acceso a la conectividad en las zonas rurales. En particular, la subasta de espectro realizada por MinTIC en 2019 implica que los operadores de telecomunicaciones deben brindar conectividad móvil en áreas desatendidas (3.658 localidades), especialmente en zonas rurales de difícil acceso, durante un período de cinco años.

El Documento CONPES No. 3968 *Declaración de importancia estratégica del Proyecto de Desarrollo, masificación y acceso a internet nacional, a través de la Fase II de la Iniciativa de Incentivos a la Demanda de Acceso a Internet*¹² se está implementando con un horizonte de ejecución de cuatro años¹³ y beneficiará a 145.000 hogares a través de incentivos a la demanda para facilitar el acceso a Internet fijo; sin embargo, este proyecto aún es limitado en términos de cobertura para áreas rurales que carecen de ese tipo de infraestructura.

Así mismo, es de destacar la expedición de la Resolución 5980 del 18 de mayo de 2020 de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), *Por la cual se adiciona el Título XII Aplicación de Mecanismos Alternativos de Regulación a la Resolución CRC 5050 de 2016*. Este instrumento normativo fijó las condiciones generales para la aplicación del *sandbox* regulatorio en el sector TIC, como mecanismo alternativo de regulación en la experimentación monitoreada para promover la innovación en modelos empresariales orientados a la provisión de redes y servicios de comunicaciones. Esta herramienta presenta un alto potencial de generación de modelos innovadores de conectividad digital para áreas rurales remotas del país.

A su vez, el Documento CONPES 4001 *Declaración de importancia estratégica del proyecto nacional acceso universal a las tecnologías de la información y las comunicaciones en zonas rurales o apartadas*¹⁴ plantea proveer acceso público a internet a un mínimo de 9.410 centros poblados¹⁵, a partir de la experiencia acumulada con el Programa Kioscos Vive Digital. Este documento prevé fortalecer la sostenibilidad y eficiencia pública en el suministro de servicios de conexión a internet, para lo cual vincula las sedes educativas rurales como puntos de conexión prioritarios para cumplir con las metas fijadas en ese proyecto nacional.

información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC-, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones”.

¹¹ Numeral 5° del artículo 2° de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 3° de la Ley 1978 de 2019.

¹² Aprobado el 30 de agosto de 2019. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3968.pdf>

¹³ Los incentivos serán implementados en un periodo de tres años.

¹⁴ Aprobado el 5 de agosto de 2020. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4001.pdf>

¹⁵ Y hasta 10.000 centros poblados. La disponibilidad del servicio tendrá un horizonte de largo plazo de hasta 8,6 años.

3.2. Antecedentes relacionados con la promoción del desarrollo empresarial de base tecnológica y su financiamiento

El Documento CONPES 3080 *Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002*¹⁶ tuvo como objetivos consolidar el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología¹⁷, mejorar las capacidades investigativas y de generación de conocimiento hacia aspectos relevantes para el desarrollo nacional y de su competitividad, y fomentar mayor articulación entre los actores académicos, públicos y privados. Se destaca el fortalecimiento de los estímulos a la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación (CTI) por medio de reformas legales y la consolidación del Sistema Nacional de Innovación de la época para articular estrechamente los resultados de la investigación científica y del desarrollo tecnológico al aparato productivo nacional. Así mismo, se brindó particular énfasis a la promoción de las inversiones de capital de riesgo en empresas de base tecnológica.

En conexión con lo anterior, el Documento CONPES 3079 *Ajustes a la normatividad de inversión extranjera*¹⁸ buscó mejorar las condiciones de atracción de inversión privada, incluyendo los arreglos contractuales para la transferencia de tecnología. Este documento propuso simplificar el régimen cambiario y de inversión aplicable a través de un proyecto reglamentario que se aprobó con la expedición del Decreto 2080 de 2000¹⁹. De acuerdo con esta normativa, las inversiones de capital de inversión comprenden varias definiciones, entre las que se destacan para los efectos de este documento los aportes hacia actos o contratos que impliquen transferencia de tecnología²⁰ y las inversiones en fondos de capital privado.

Previamente con la Ley 06 de 1992²¹ se había dado paso a la utilización de incentivos tributarios para las inversiones dirigidas hacia investigaciones científicas o tecnológicas²², lo cual ha sido constantemente reivindicado a la fecha en el estatuto tributario y otros instrumentos de política. Respecto a esto último, se destaca el Documento CONPES 3834 *Lineamientos de política para estimular la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación a través de deducciones tributarias*²³, el cual enfatizó en la importancia del instrumento de deducciones tributarias por inversiones privadas en proyectos de CTI y estableció medidas para difundir aún más su uso dada su baja utilización por el sector empresarial²⁴.

¹⁶ Aprobado el 28 de junio de 2000. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3080.pdf>

¹⁷ En virtud de la Ley 29 de 1990 y los Decretos 393, 585 y 591 de 1991.

¹⁸ Aprobado el 31 de mayo de 2000. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3079.pdf>

¹⁹ “Por el cual se expide el Régimen General de Inversiones de capital del exterior en Colombia y de capital colombiano en el exterior”. Este decreto se encuentra compilado en el título 2 de la parte 17 del libro 2 del Decreto 1068 de 2015, “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Hacienda y Crédito Público”.

²⁰ Numeral iv, literal (a), artículo 2.17.2.2.1.2, del Decreto 1068 de 2015.

²¹ Por la cual se expiden normas en materia tributaria, se otorgan facultades para emitir títulos de deuda pública interna, se dispone un ajuste de pensiones del sector público nacional y se dictan otras disposiciones.

²² De destaca en la actualidad el artículo 158-1 sobre deducción por donaciones e inversiones en investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

²³ Aprobado el 2 de julio de 2015. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3834.pdf>

²⁴ Esta política fue actualizada posteriormente por Documento CONPES 3892 de 2017.

A su vez, con el Documento CONPES 3280 *Optimización de los instrumentos de desarrollo empresarial*²⁵ se realizó una valoración de los instrumentos de fomento empresarial existentes en la época y se encontró que la duplicidad de las inversiones, la ausencia de sistemas de información y seguimiento de los proyectos financiados, y la falta de promoción y divulgación de los instrumentos de desarrollo empresarial, impactaba negativamente en el acceso y desempeño por parte del tejido empresarial, principalmente de las micro, pequeñas y medianas empresas (Mipyme). Varias de estas problemáticas fueron reiteradas en el Documento CONPES 3484 *Política Nacional para la Transformación Productiva y la Promoción de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas: un esfuerzo público-privado*²⁶, en especial: carencia de sistemas de monitoreo, seguimiento y evaluación; bajos niveles de cobertura de los programas y baja articulación de los actores intervinientes.

En estos dos documentos de política se observa la focalización de esfuerzos por medio de instrumentos públicos para fomentar el desarrollo empresarial, como es el caso del fortalecimiento de Bancóldex y el Fondo Nacional de Garantías para la ampliación del crédito orientado a la innovación y apropiación tecnológica; el mejoramiento de las capacidades de acceso a servicios para el fortalecimiento del desempeño empresarial a través esquemas de financiamiento directo como el Fondo Colombiano para la Modernización y Desarrollo Tecnológico de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Fomipyme); y el impulso a la formación del capital humano, entre otros.

Posteriormente, en el año 2009 se aprueba el Documento CONPES 3582 *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*²⁷, orientado a incrementar las capacidades de identificación producción, difusión, uso e integración del conocimiento y la tecnología para fortalecer la competitividad y transformación productiva. Lo anterior se constituyó en el marco de estrategias para afianzar la articulación interinstitucional, la coordinación de las inversiones de promoción de investigación e innovación, y la elaboración de una agenda en la materia. Se destaca que esta política proyectaba fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación para alcanzar niveles de inversión del 2 % del PIB en 2019 en materia de CTI²⁸.

Por su parte, la Ley 1838 de 2017²⁹ estableció un marco de colaboración entre el sector privado y las instituciones de educación superior para financiar proyectos de investigación que pudieran constituirse en soluciones para el mercado mediante la figura de *Spin offs*, con lo cual fuera posible no sólo ofrecer el respectivo desarrollo tecnológico, sino constituir sociedades comerciales que operen dentro del mercado.

²⁵ Aprobado el 19 de abril de 2004. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3280.pdf>

²⁶ Aprobado el 13 de agosto de 2007. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3484.pdf>

²⁷ De fecha 27 de abril de 2009. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3582.pdf>

²⁸ La inversión en actividades de CTI logró llegar al 0,74 % en 2019 (Consejo Privado de Competitividad, 2021).

²⁹ Por la cual se dictan normas de fomento a la ciencia, tecnología e innovación mediante la creación de empresas de base tecnológica (Spin Offs) y se dictan otras disposiciones.

3.3. Antecedentes relacionados con la transformación digital en el sector público

Una de las estrategias que mayor trascendencia ha tenido a la fecha desde la aprobación del Documento CONPES 3072 *Agenda de Conectividad*³⁰ ha sido Gobierno en Línea, hoy evolucionada en la política de Gobierno Digital. Los objetivos contemplados en dicho documento CONPES para dicha estrategia se centraron en mejorar el funcionamiento y la eficiencia del Estado, mejorar su transparencia y fortalecer el control social sobre la gestión pública, y mejorar el servicio al ciudadano a través de las tecnologías de la información. En la actualidad, la política de Gobierno Digital ha trascendido hacia lograr una mayor integración con nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, no sólo en términos de la atención al ciudadano, sino en la gestión misma del Estado por medio de su transformación digital (Mintic, 2021).

Igualmente, es necesario tener presentes el Documento CONPES 3920 *Política Nacional de Explotación de Datos (Big Data)*³¹, mediante el cual se fortalece la gestión de datos, principalmente en el Estado, para mejorar la toma de decisiones de política pública. A su vez, el Documento CONPES 3975 *Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial*³² promueve el uso de tecnologías digitales en los sectores público y privado, con énfasis en las TIC, para lograr una masificación que impacte la productividad y bienestar social del país. Igualmente, crea condiciones para que la inteligencia artificial se establezca como eje transversal de la transformación digital nacional, sin desconocer el potencial de otras tecnologías digitales. Este documento CONPES parte del reconocimiento de que las políticas públicas a la fecha han tenido un énfasis en promover el uso de las TIC en el sector público.

Por otro lado, el Documento CONPES 3983 *Política de Desarrollo Espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional*³³, define importantes lineamientos de política para explotar, entre otros aspectos, servicios satelitales que podrán ayudar a la generar mejores condiciones para aplicar métodos de agricultura inteligente en el país como la de precisión y la generación de mejores servicios de georreferenciación para distintas aplicaciones en el sector agropecuario.

En el marco de las políticas públicas señaladas, los sectores administrativos del orden nacional definen planes estratégicos sectoriales de tecnologías de la información y la comunicación (PETI). El sector administrativo agropecuario, pesquero y de desarrollo rural cuenta con su Plan Estratégico de Tecnologías de la Información Sectorial 2020-2023 (Minagricultura, 2021), mediante el cual define los lineamientos, políticas y estrategias TIC sectoriales, al amparo de la adopción de la Política de Gobierno Digital. Entre los objetivos específicos del PETI sectorial se destaca la formulación de un portafolio de iniciativas de tecnologías de la información al 2023, donde se

³⁰	Aprobado	el	9	de	febrero	de	2000.	Disponible	aquí:
	https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3072.pdf								
³¹	Aprobado	el	17	de	abril	de	2018.	Disponible	aquí:
	https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3920.pdf								
³²	Aprobado	el	8	de	noviembre	de	2019.	Disponible	aquí:
	https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf								
³³	Aprobado	el	13	de	enero	de	2020.	Disponible	aquí:
	https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3983.pdf								

buscan afianzar los sistemas de información de las entidades del sector, como por ejemplo Mi Registro Rural, Campo a un Click, el Sistema para la Planificación Rural Agropecuaria -Sipra de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), digitalización de trámites de la Agencia de Desarrollo Rural, SimpliflCA del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), entre otros.

La consolidación de los sistemas de información sectoriales permitirá seguir avanzando en la consolidación tecnológica del sector público agropecuario. Sin embargo, existen oportunidades de ampliación de estas capacidades para no sólo mejorar la interrelación con los usuarios y beneficiarios de las políticas del sector, sino precisamente para fortalecer los procesos de planeación, implementación, seguimiento y evaluación de dichas políticas por medio de nuevas tecnologías y activos de información como las imágenes satelitales, *big data*, georreferenciación de proyectos, entre otros. Esto último en cumplimiento de las políticas aprobadas por el CONPES que precisamente se referenciaron previamente.

4. Diagnóstico

La utilización de tecnologías en los sistemas productivos es baja y por lo tanto se desaprovechan oportunidades para incrementar la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos como los servicios ecosistémicos y los insumos de producción. En términos generales, sólo el 5,2 % de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA)³⁴ en el país introdujo algún tipo de innovación en sus procesos productivos, de comercialización o administrativos, según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del año 2019 (DANE, 2020). En cuanto al acceso, uso y apropiación de tecnologías digitales en los procesos productivos agropecuarios, no hay estudios específicos en la materia, sin embargo, un trabajo elaborado por Holguín y otros (2017)³⁵ encontró que en una muestra de 2.402 productores³⁶ se presentaba un bajo uso de computadores, teléfonos inteligentes y tabletas³⁷ como apoyo para sus actividades productivas -35,8 % en el caso de los productores del rango etario de 18-25 años, y 16,9 % por parte de los mayores de 60 años- y mucho menor en cuanto a la utilización de tecnologías digitales sofisticadas para implementar arreglos de agricultura inteligente en general³⁸ (ver Tabla 1).

Tabla 1. Uso de tecnologías digitales según actividad productiva

Variables	Agrícola	Pecuaria
Servicios satelitales	11,3 %	11,5 %
GPS	11,2 %	13,4 %
Antenas de Comunicación	2,4 %	3,5 %
Estaciones agro-meteorológicas	2 %	1,2 %
Drones	1 %	1 %
Sensores	0,8 %	0,7 %

³⁴ Correspondiente a 108.974 UPA de un total de 2.085.423.

³⁵ Estudio apoyado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), Colciencias, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) y la Corporación Colombia Digital.

³⁶ Localizados en 278 municipios de 7 departamentos. El estudio no es representativo a nivel nacional, pero es una iniciativa significativa en términos de explorar el acceso, uso y apropiación de tecnologías digitales en los sistemas productivos agropecuarios del país, si se considera la escasa generación de datos específicos sobre la materia.

³⁷ El estudio de Holguín y otros (2017) divide los dispositivos TIC en dos categorías. Por un lado, existen dispositivos TIC de baja complejidad, como el televisor, la radio y los celulares básicos, entre otros, que no implican contar con conocimientos especializados ni disponibilidad de internet para poder usar sus funciones principales; de acuerdo con el estudio, el nivel de apropiación de esta clase de dispositivo por parte de los productores de la muestra es superior al 90 %, sin distinción de su logro educativo o edad. Por otro lado, se encuentran los dispositivos TIC de alta complejidad como los celulares inteligentes, computadores portátiles y de escritorio, y tabletas, los cuales requieren que el usuario cuente con cierto nivel de apropiación tecnológica que no todas las personas en los entornos rurales tienen, por lo cual esta clase de dispositivos puede requerir que el usuario sea capacitado y tenga acceso a internet para su uso óptimo.

³⁸ De acuerdo con Lowenberg-DeBoer y Swinton (1997) los arreglos productivos inteligentes, como es el caso de la agricultura de precisión, se basan en la administración de localizaciones específicas de las explotaciones agrícolas con énfasis en “el monitoreo y control electrónico aplicado a la recolección de datos, el procesamiento de la información y el apoyo a las decisiones para la asignación temporal y espacial de insumos para los cultivos” (traducción propia). Esto no aplica únicamente a las actividades agrícolas, toda vez que naturalmente también puede cobijar actividades pecuarias.

Sistemas y equipos automatizados 0,7 % 1,6 %

Fuente: Holguín y otros (2017), con base en MinTIC, Colciencias, OCyT y CCD (2017).

Estas situaciones muestran que la adopción tecnológica en el país, como elemento de innovación en los sistemas productivos, enfrenta serios retos para ser adoptada como vehículo que ayude a incrementar la productividad sectorial, si se considera que su aplicación tiene el potencial de aumentar la producción entre un 50 y 80 %, así como reducir los costos entre 20 y 40 %, tal como se ha documentado en proyectos pilotos implementados en América Latina por organismos como la FAO (Loukos & Arathoon, 2021, pág. 67).

A continuación, se presentan las limitantes que dificultan el impulso de la agrotecnología.

4.1. Brechas significativas de acceso a servicios de conectividad digital en zonas rurales

Considerando las brechas urbano-rurales en términos de acceso a la conectividad digital (redes de internet y telefonía), particularmente en áreas rurales dispersas, los productores agropecuarios pueden enfrentar limitaciones a la hora de utilizar servicios de soporte relacionados con la captura, transmisión, procesamiento y gestión de datos sobre sus actividades productivas. La falta de acceso de buena calidad a redes de Internet fijas o móviles puede representar un obstáculo para la transformación digital en el sector agropecuario (FAO, 2019), no sólo para la implementación de modelos de agricultura digital y de agricultura de precisión para la administración geolocalizada de las explotaciones prediales, sino también de acceso a servicios transversales como la banca electrónica (Fintech), información agroclimática actualizada o el comercio electrónico, entre otros.

De acuerdo con el tablero de datos de desarrollo digital³⁹ de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), al año 2019 Colombia se destaca por la cobertura zonal de sus redes de telefonía móvil en América Latina, si se considera que el 100 % de la población colombiana se encuentra ubicada en zonas de cobertura de las redes de telefonía móvil⁴⁰. En comparación, otros países de la región registran los siguientes niveles de cobertura de su población con redes móviles: Chile, 99 %⁴¹; Argentina, 98 %⁴²; México, 96 %⁴³; Uruguay, 91 %⁴⁴; Brasil, 91 %⁴⁵, y Perú, 83 %⁴⁶ (UIT, 2021).

³⁹ Denominado originalmente en inglés *Digital Development Dashboard*, contiene información a nivel país sobre que describe en términos generales el desarrollo de TIC.

⁴⁰ Visto por el tipo de red, el 100 % de la población colombiana se encontraba en zonas con cobertura de redes 3G, mientras que el 98 % de la población se ubica en zonas de cobertura de redes 4G.

⁴¹ Información al año 2018. En cuanto a la división por redes 3G y 4G, 95 % y 88 % respectivamente.

⁴² En redes 3G y 4G, 95 % y 91 % respectivamente.

⁴³ En redes 3G y 4G, 95 % y 91 % respectivamente.

⁴⁴ En redes 3G y 4G, 91 % y 82 % respectivamente.

⁴⁵ En redes 3G y 4G, 91 % y 89 % respectivamente.

⁴⁶ Información al año 2017. En cuanto a la división por redes 3G y 4G, 74 % y 52 % respectivamente.

Sin embargo, Colombia presenta niveles inferiores de acceso a internet de banda ancha móvil y fijo frente a los países señalados y, además, la calidad de dicho servicio no resulta significativamente superior, como puede apreciarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Número de suscripciones a internet de banda ancha fijo y móvil por cada 100 habitantes

País	Móvil	Fijo	Porcentaje de suscripciones a internet fijo con velocidad > 10 Mbit/s
Uruguay	98	29	75 %
Chile	98	18	80 %
Brasil	88	16	63 %
Argentina	81	20	64 %
México	76	15	92 %
Perú	66	8	38 %
Colombia	59	11	63 %

Fuente: elaboración propia a partir de UIT (2021). Nota: el año de corte de la información presentada sobre suscripciones fijas y móviles corresponde a 2019, a excepción de Argentina y Perú, cuyo año es 2017.

Además, las brechas urbano-rurales en conectividad digital continúan siendo un importante obstáculo al aprovechamiento de la digitalización en el país. Según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida -ECV- 2019 (DANE, 2020b), el 61,6 % de los hogares ubicados en las ciudades capitales tenía acceso a internet; sin embargo, en el caso de las zonas rurales, solo el 20,7 % de los hogares gozaba de dicho acceso (80,6 % dentro de ese 20,7 % tenía acceso a través de internet móvil)⁴⁷. Estas brechas son significativas en comparación con las presentadas en otros países con información disponible en las bases de datos de la UIT (ver Tabla 3).

⁴⁷ Si bien existe cobertura con redes 4G en 1.116 cabeceras municipales en Colombia, las áreas rurales no cuentan con dicho servicio en los mismos términos (MinTIC, 2019).

Tabla 3. Proporción de hogares en áreas urbanas y rurales con acceso a internet en casa y estimación de la brecha urbano-rural

País	Hogares urbanos	Hogares rurales	Brecha urbano-rural estimada	Año de reporte
Australia	86 %	84 %	2 puntos porcentuales (p.p.)	2017
Bélgica	90 %	90 %	0 p.p.	2019
Brasil	75 %	51 %	24 p.p.	2019
Canadá	86 %	77 %	9 p.p.	2014
Costa Rica	72 %	56 %	16 p.p.	2017
Dinamarca	93 %	93 %	0 p.p.	2018
Ecuador	46 %	17 %	29 p.p.	2017
Estados Unidos	72 %	66 %	6 p.p.	2010
México	65 %	23 %	42 p.p.	2019
Perú	45 %	5 %	40 p.p.	2019

Fuente: elaboración propia a partir de UIT (2021).

4.2. Baja oferta de soluciones tecnológicas para la agricultura digital desarrolladas a partir de las necesidades de los productores

En Colombia y en Latinoamérica en general se está configurando paulatinamente un ecosistema de emprendimientos enfocados en brindar soluciones de agrotecnología a los sistemas productivos agropecuarios⁴⁸. De acuerdo con el BID (2019), en 2018 existían 457 emprendimientos enfocados en diversas ramas de la industria agrotecnológica en América Latina y el Caribe (entre las que se encuentran tecnologías de automatización, sensores remotos, genética, Analítica y Big Data, agricultura de precisión, logística, etc). Dentro de este mapeo, Colombia es el cuarto país de la región con mayor número de emprendimientos de esta clase (24), después de Brasil (233), Argentina (104) y Chile (45), y cuenta con políticas de emprendimiento y financiamiento que le permiten contar con un potencial de promoción aún mayor de esta clase de emprendimientos.

Sin embargo, a pesar de que poco a poco surjan nuevos emprendimientos y empresas enfocadas en proveer bienes y servicios tecnológicos para el sector agropecuario colombiano, las anteriores cifras muestran que Colombia puede intensificar sus esfuerzos para brindar mayor dinamismo al sector privado en la promoción de más y mejores emprendimientos de esta

⁴⁸ De acuerdo con el BID (2019), en 2018 existían 457 emprendimientos enfocados en diversas ramas de la industria agrotecnológica en América Latina y el Caribe (entre las que se encuentran tecnologías de automatización, sensores remotos, genética, Analítica y Big Data, agricultura de precisión, logística, etc). De acuerdo con esta fuente, Colombia es el cuarto país de la región con mayor número de emprendimientos de esta clase (24), después de Brasil (233), Argentina (104) y Chile (45).

naturaleza, para proveer soluciones tecnológicas accesibles y efectivas para los sistemas productivos agropecuarios.

Lo anterior es relevante si se considera que las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) del país innovan poco en sus procesos productivos y encuentran diversos obstáculos para cambiar esta situación. Según los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) de 2019 (DANE, 2020) en su módulo de ciencia, tecnología e innovación, los principales obstáculos que aseguraron enfrentar las 108.974 UPA que pudieron innovar⁴⁹ se relacionan con restricciones presupuestales por el costo de la inversión a asumir, pero también la incertidumbre de la probabilidad de éxito real de implementar innovaciones. Esto refleja una escasez y desconexión entre la oferta tecnológica disponible frente a las necesidades de los productores, ante un mercado de proveedores de bienes y servicios de agrotecnología incipiente en el país.

Al respecto, cabe señalar que los resultados de la investigación científica no se convierten necesariamente en soluciones prácticas para los productores ni en la creación de *startups* (*spin-offs*) que presten soluciones de tecnología en los procesos productivos. Según el Documento CONPES 4011 *Política Nacional de Emprendimiento*⁵⁰, una tendencia generalizada en Colombia muestra que el 80% de las empresas colombianas manifestaron utilizar tecnologías o procesos disponibles en el mercado desde hace más de 5 años, lo cual indica que se presenta una ausencia de nuevos desarrollos adecuados a sus necesidades. Asimismo, el 80% de las *startups* reconocieron ofrecer productos similares a los de sus competidores, revelando bajos niveles de innovación.

Es necesario en el caso del sector agropecuario fortalecer los esquemas de colaboración y financiación entre empresas, gobierno, universidades, centros de investigación y gremios de la producción, de tal manera que se impulsen proyectos de ciencia, tecnología e innovación (CTI) vinculados a las problemáticas de productividad y competitividad sectorial. Así mismo, estos esquemas de colaboración deben fortalecerse en materia de acuerdos de financiación para apoyar proyectos de desarrollo tecnológico y generar *spin-offs* bajo acuerdos y reglas claras.

Por otro lado, un mercado de soluciones tecnológicas requiere que los emprendimientos encuentren las condiciones para llevar a cabo sus proyectos de innovación y así ofrecer soluciones al mercado. Sin embargo, se observa que la creación de nuevos emprendimientos de soluciones de agrotecnología en el país enfrenta barreras para su financiamiento. El Documento CONPES 3866 *Política Nacional de Desarrollo Productivo*⁵¹ señala que el limitado acceso al financiamiento para la transformación productiva e innovación es uno de los principales problemas que resta competitividad a los sectores productivos del país. El acceso a instrumentos de financiamiento tradicionales como el crédito por parte de nuevas empresas, proyectos de innovación y desarrollos tecnológicos, es ciertamente reducido.

⁴⁹ Equivalentes al 5,2 % del total de las UPA.

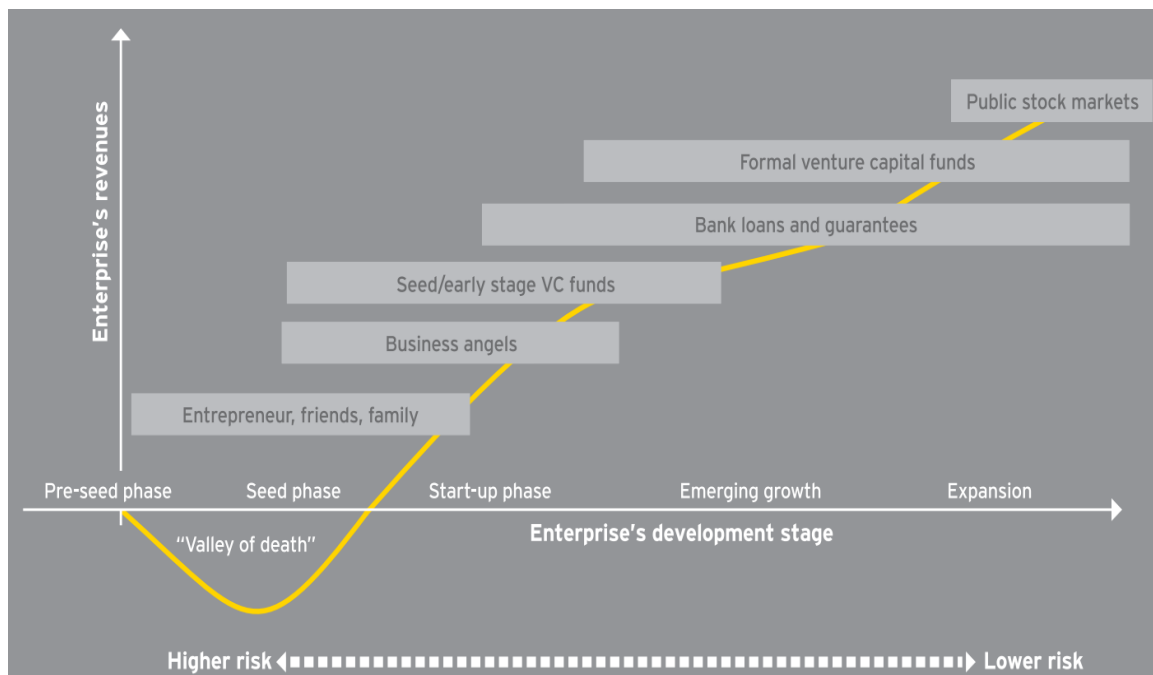
⁵⁰ Aprobado el 30 de noviembre de 2020. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4011.pdf>

⁵¹ Aprobado el 8 de agosto de 2016. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3866.pdf>

Particularmente, la atención del sistema financiero al sector agropecuario por medio de instrumentos de crédito suele verse restringida por las mayores percepciones de riesgo asociadas a este tipo de actividades⁵², situación que se acentúa a la hora de financiar proyectos de innovación y desarrollo tecnológico agropecuario debido a la mayor incertidumbre asociada a su éxito.

La superación de cuellos de botella para financiar emprendimientos innovadores y de desarrollo tecnológico en cualquier sector económico debe ser una prioridad, dadas las restricciones que las nuevas empresas, proyectos productivos y proyectos de innovación encuentran con los instrumentos tradicionales en el sistema financiero. Una de las respuestas ante esta realidad se halla en la industria del capital privado y de riesgo, llamada en ocasiones financiamiento inteligente por su propensión a apoyar proyectos empresariales innovadores. Dentro de este marco se encuentran los fondos de capital semilla, redes de ángeles inversionistas e inversiones para el emprendimiento (conocidas comúnmente a nivel global como *venture capital*), los cuales han cobrado una importancia significativa para dinamizar proyectos innovadores en fase temprana que no encuentran financiación en canales tradicionales del sistema financiero (ver Figura 3).

Figura 3. Instrumentos de financiamiento durante el ciclo de desarrollo de las Pyme



Fuente: Ernst & Young (2012).

⁵² Se destacan riesgos vinculados a la solvencia de los productores rurales y mayores sensibilidades en la rentabilidad de los proyectos agropecuarios debido a eventos extremos que por la naturaleza del sector tienen una probabilidad considerable de ocurrencia como las afectaciones climáticas, entre otros.

En particular, los fondos de capital para el emprendimiento permiten la maduración de los proyectos y emprendimientos para consolidarse como nuevas empresas rentables. Por esta razón, es necesario destacar el interés que ha despertado la industria de la agrotecnología en los fondos de *venture capital* a nivel mundial, dado que refleja el surgimiento de emprendimientos e innovaciones con el potencial de impactar considerablemente las cadenas de valor agropecuarias, su productividad y la consolidación de la competitividad sectorial⁵³.

De acuerdo con ColCapital (2018), los compromisos históricos de inversión en Colombia, de los 135 fondos de capital privado reportados al 2018, han ascendido a la suma de 16.189 millones de dólares. De este valor, 10.315,1 millones de dólares se han dirigido a financiar empresas o proyectos colombianos. Lo anterior demuestra un importante dinamismo de la industria de fondos de capital privado en el país, sin embargo, el sector agropecuario no es un referente de destino principal de la inversión de este tipo de financiamiento: solo 113,7 millones se han destinado a actividades agroindustriales, es decir, el 1,1 % del total invertido por la industria. En consecuencia, la ausencia de una estrategia generalizada de identificación de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico para eliminar asimetrías de información entre oferentes de capital privado y emprendedores del sector agropecuario resulta un aspecto relevante a superar para atraer financiamiento inteligente.

De otro lado, instrumentos recientes de política pública que se dirigen a dinamizar el financiamiento inteligente en Colombia no cuentan con lineamientos que tomen en cuenta al sector agropecuario o que se dirijan a favorecer proyectos nacientes en el mismo. Por ejemplo, la creación en noviembre de 2019 del Fondo de Fondos de Bancóldex es una estrategia hábil de política pública para fomentar la industria de fondos de capital privado en el país, sin embargo, sus prioridades de inversión no contemplan el sector agropecuario⁵⁴, a pesar del constante dinamismo internacional de los nuevos fondos de capital alrededor de este sector y en particular de sus proyectos de innovación y desarrollo tecnológico. Esta ausencia de lineamientos se presenta incluso al interior del sector agropecuario; tal es el caso de Finagro, entidad que cuenta con un fondo de capital de riesgo creado mediante la Ley 1133 de 2007⁵⁵ y reglamentado por el Decreto 2594 de 2007⁵⁶, sin embargo, sus inversiones al cierre de 2019 se han atomizado en tres destinos y no cuenta con un portafolio de mayor diversificación que incluya proyectos de base agrotecnológica como parte de su tesis de inversión⁵⁷.

⁵³ De acuerdo con el fondo de inversión AgFunder (2021), a nivel mundial las *startups* del sector tecnológico agroalimentario lograron recibir inversiones por valor de 26.000 millones de dólares durante 2020 de fondos de *Venture capital*, lo que representó un incremento del 15,5 % de la inversión total en comparación con el año 2019. La atención de los diversos fondos de financiamiento inteligente en el sector tecnológico agroalimentario se ha incrementado ostensiblemente en los años recientes. Para poner esta situación en perspectiva, el nivel de inversión logrado por las *startups* de este sector con fondos de *Venture capital* fue de 2.0000 millones de dólares en 2012 (AgFunder, 2020).

⁵⁴ Las prioridades del Fondo de Fondos consisten en movilizar recursos nacionales y extranjeros para financiar fondos de capital privado existentes con énfasis en proyectos de comercio, industria, turismo, economía creativa y servicios (Bancóldex, 2020).

⁵⁵ Por medio de la cual se crea e implementa el programa “Agro, Ingreso Seguro – AIS”.

⁵⁶ Por el cual se reglamenta el artículo 10 de la Ley 1133 de 2007 y se dictan otras disposiciones.

⁵⁷ Un compromiso de inversión de 10 millones de dólares en el Fondo de Inversión Forestal Colombia (FIFC) que a la fecha se ha materializado en aportes efectivos por \$19.683 millones; un compromiso de inversión de \$4.800 millones en

4.3. Habilidades y capacidades técnicas de los productores por consolidar para aprovechar tecnologías digitales

Aun cuando se cuente con condiciones básicas para la transformación digital en áreas rurales, es necesario reconocer que las capacidades de los productores para utilizar tecnologías de baja y alta complejidad es un reto por abordar para generar mayor usabilidad de los dispositivos tecnológicos en los procesos productivos agropecuarios. La alfabetización electrónica, entendida como la capacidad de utilizar herramientas de las TIC y dispositivos digitales en general, es un factor por fortalecer.

De acuerdo con la UIT (2020) la alfabetización digital⁵⁸ comprende las habilidades requeridas para interactuar, configurar, utilizar y sacar provecho de herramientas digitales, y que permiten entender la forma en que funcionan los dispositivos digitales para ejecutar tareas y acciones. La UIT define tres niveles en el desarrollo de habilidades digitales, como se presenta a continuación (UIT, 2020, pág. 13):

- (i) Habilidades digitales básicas: se expresan en la capacidad de entender el funcionamiento de *hardware* y *software* de activos tecnológicos populares como los computadores, *smartphones*, aplicaciones, uso del internet, etc., para su respectivo uso.
- (ii) Habilidades digitales intermedias: le permiten al usuario configurar herramientas digitales para producir y consumir contenidos digitales, incluso con habilidades básicas de programación (por ejemplo, manejo de *visual basic*, diseño *front-end* de páginas de internet u otros lenguajes en temáticas particulares como contabilidad, planificación empresarial, etc.).
- (iii) Habilidades digitales avanzadas: se adquieren mediante formación especializada y que permiten mejorar el conocimiento tecnológico, capacidades de programación avanzadas e incluso ramas especializadas de trabajo (por ejemplo, internet de las cosas, ingeniería, diseño de *hardware*, entre otros). Se puede considerar que estas habilidades avanzadas permiten implementar y operar con mayor facilidad modelos de agricultura de precisión para modernizar el desempeño productivo sectorial.

Según los estudios de la UIT en materia de la disponibilidad de habilidades digitales a nivel de países, el *Digital Development Dashboard* (UIT, 2021) muestra que en Colombia 31 % de la población puede considerarse que tiene habilidades digitales básicas, mientras que el 22 % y 5 % tienen habilidades digitales estándar y avanzadas respectivamente. En comparación con otros países de la región, se observan importantes brechas con el nivel alcanzado en estos segmentos de habilidades.

el Fondo de Capital Privado Agroempresas de la Sociedad Administradora de Inversión (SEAF Colombia) S.A., y una inversión directa en la empresa Almidones de Sucre por un monto de \$25.723 millones (Finagro, 2020).

⁵⁸ Referida en inglés como *digital literacy* o *e-literacy*.

De acuerdo con la misma fuente de información, en Chile se estima que el 12 % de la población presenta habilidades digitales avanzadas; en México, el 24 % de la población cuenta con habilidades estándar y el 7 % con habilidades avanzadas; no obstante, Colombia presenta mejores índices en esta materia que países como Brasil y Perú. En todo caso, el nivel de personas con habilidades digitales avanzadas es muy bajo.

La capacidad de operar diversas tecnologías depende del grado de sofisticación de estas y, por lo tanto, de la capacitación que los usuarios puedan tener al respecto para fines de producción agropecuaria. Desafortunadamente, los indicadores de logro educativo en las áreas rurales implican que existen serios retos para que la usabilidad de tecnologías más sofisticadas en el manejo de las actividades productivas de agricultura digital se vea restringida. El nivel educativo entre la población que habita en centros poblados y rural disperso se concentra en básica primaria (35,4 %), básica secundaria (25,6 %) y media (25,6 %), pero sólo el 10,7 % había alcanzado el nivel educativo superior y 0,3 % en el caso de postgrado (DANE, 2020b).

4.4. Ausencia de proyectos en la institucionalidad pública rural para el aprovechamiento de tecnologías y activos digitales en la planeación, implementación, seguimiento y evaluación de las políticas públicas sectoriales

Las capacidades del sector público agropecuario para la toma de decisiones de política pública ágiles, basadas en el monitoreo constante de los resultados de la implementación de su oferta institucional, pueden mejorarse mediante un mayor aprovechamiento de tecnologías digitales disponibles. En la actualidad, el uso de sistemas de información geográfica y de cartografía oficial orienta la mayoría de los procesos actuales de planificación del uso eficiente del suelo rural, en su componente de ordenamiento productivo, los cuales dependen de la información secundaria oficial producida por instituciones como el IGAC, Ideam y el Servicio Geológico Colombiano, usualmente a escala 1:100.000. Por otro lado, algunos proyectos derivados de la oferta institucional del sector, como los Proyectos Integrales de Desarrollo Agropecuario y Rural (PIDAR) de la Agencia de Desarrollo Rural, georreferencian el polígono de implementación del respectivo proyecto productivo. Igualmente, existe georreferenciación de la localización de parte de los distritos de adecuación de tierras construidos por el Estado, pero no en su totalidad.

No obstante, no existen aún procesos frecuentes y detallados de los impactos de las políticas, programas y proyectos a nivel de los predios beneficiados por la oferta institucional del sector, que permita realizar seguimiento continuo con menor tiempo de espera. Algunos casos que se presentan a menudo como la sobreoferta en el cultivo del arroz, a pesar de contar con importante plan de ordenamiento productivo, podrían identificarse con mayor celeridad a través de un uso más frecuente y continuo de herramientas de información satelitales y digitales. La analítica de datos permitiría establecer modelos de comportamiento de la cobertura del suelo con mayor frecuencia para estimar cambios en las áreas sembradas y posibles incidencias en precios.

De ahí que se pueda avizorar una ventana de oportunidad en la consolidación de la transformación digital del sector público agropecuario.

5. Líneas potenciales de acción

Se proponen siete (7) líneas de acción generales de política pública congregadas en tres (3) estrategias.

5.1. Estrategia 1: Impulsar mayor conectividad en áreas rurales como apoyo a la implementación arreglos de agrotecnología (agricultura de precisión, agricultura inteligente), considerando potencialidades productivas regionales

Con base en los ejercicios de ordenamiento productivo que ha desarrollado el sector administrativo agropecuario, pesquero y de desarrollo rural, se identificarán áreas rurales a nivel de corregimiento, centro poblado, vereda y/o localidad que no cuentan actualmente con cobertura por parte de redes de telecomunicaciones y que puedan ser consideradas para proyectos de ampliación de la cobertura y de innovación mediante nuevos modelos de negocio propicios. Estas áreas rurales se deberán tener en cuenta para la focalización de iniciativas de expansión de servicios y redes de telecomunicaciones en el marco de los siguientes procesos:

- (i) En la definición de necesidades de conectividad para la focalización de iniciativas que se registren en el Banco de Proyectos de las Obligaciones de Hacer del MinTIC⁵⁹, como alternativa de pago de la contraprestación económica por la utilización del espectro radioeléctrico⁶⁰, cumpliendo con lo dispuesto en la Resolución 02715 del 22 de diciembre de 2020 de ese ministerio⁶¹ para el efecto.
- (ii) En la definición de obligaciones de expansión y cobertura que impone el MinTIC en la asignación de permisos de uso del espectro radioeléctrico.
- (iii) En la implementación de las tecnológicas innovadoras y alternativas no tradicionales como soluciones al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones que el DNP identifique en el marco de la línea de acción 5.1⁶² del Documento CONPES 4023 *Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente: Nuevo compromiso por el futuro de Colombia*⁶³.

⁵⁹ Título 15 del Decreto 1078 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”.

⁶⁰ Artículo 13 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 10 de la Ley 1978 de 2019.

⁶¹ Por la cual se establece la metodología, el procedimiento y los requisitos para la formulación, presentación, autorización, ejecución, cuantificación y verificación de las obligaciones de hacer, se deroga parcialmente la Resolución 895 de 2016 y se deroga la Resolución 2878 de 2017.

⁶² Correspondiente a fortalecer y aumentar la conectividad a internet en los territorios.

⁶³ Aprobado el 11 de febrero de 2021. Disponible aquí: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4023.pdf>

- (iv) En los análisis de la apertura de futuras convocatorias al *Sandbox* regulatorio de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), regulado por el Título XII de la Resolución 5050 de 2016 de esta comisión⁶⁴.

5.1.1. Identificar áreas rurales estratégicas para la producción agropecuaria con necesidades de conectividad a redes de telecomunicaciones

Para la identificación de estas áreas rurales, el MinTIC entregará información al MinAgricultura sobre los corregimientos, centros poblados, veredas y/o localidades rurales que actualmente no se encuentran cubiertos por redes de telecomunicaciones y que tampoco serán atendidos mediante los proyectos de expansión de dichas redes actualmente en ejecución.

Con base en la anterior información, el MinAgricultura, con el apoyo técnico de la UPRA y Agrosavia, pueden identificar áreas rurales a nivel de corregimiento, centro poblado, vereda y/o localidad que se consideren prioritarias por sus necesidades de conectividad a redes de telecomunicaciones. La priorización de estas áreas rurales se deberá realizar considerando, como mínimo, los siguientes aspectos: (i) la aptitud productiva de nivel alto de los sistemas agropecuarios presentes en el área rural, que han sido objeto de ejercicios de ordenamiento productivo realizados a la fecha por el sector administrativo agropecuario, pesquero y de desarrollo rural; (ii) la existencia de mano de obra calificada a nivel técnico, tecnológico y/o profesional, que permita estimar y comparar las capacidades existentes entre áreas rurales para adoptar y aplicar tecnologías de soportes para los sistemas productivos agropecuarios; y (iii) la disponibilidad de acceso a energía en el desarrollo de las actividades productivas agropecuarias.

Esta priorización de áreas rurales se realizará periódicamente de acuerdo con las necesidades y decisiones que defina el MinAgricultura. Los resultados de la priorización de áreas rurales serán remitidos al MinTIC para su registro como necesidades de conectividad que orienten la formulación de nuevas iniciativas en el Banco de Proyectos de las Obligaciones de Hacer. Igualmente, las áreas priorizadas deberán ser tenidas en cuenta por MinTIC como insumo de planificación de los futuros procesos de asignación de concesiones a los prestadores de redes y servicios de telecomunicaciones.

5.1.2. Fomentar la utilización de nuevos modelos innovadores para la conectividad de áreas rurales remotas con potencial productivo agropecuario

Con base en los resultados de la priorización de áreas rurales de la cual trata la anterior acción, MinTIC y MinAgricultura analizarán las localidades rurales que presenten mayores retos en materia de conexión de última milla debido a factores asociados con sus dificultades de acceso vial y

⁶⁴ Adicionado mediante la Resolución 5980 de 2020 de la CRC, "Por la cual se adiciona el Título XII APLICACIÓN DE MECANISMOS ALTERNATIVOS DE REGULACIÓN a la Resolución CRC 5050 de 2016".

limitaciones técnicas para la expansión de redes y servicios de telecomunicaciones, entre otros aspectos.

Estas áreas rurales deberán ser objeto de análisis para la potencial implementación de las tecnologías innovadoras y alternativas no tradicionales de conectividad que identifique el DNP mediante el estudio de viabilidad que adelantará en el marco de la línea de acción 5.1 del Documento CONPES 4023. Considerando que el Plan de Acción y Seguimiento de esta última política define que el estudio se deberá finalizar en 2022, a 2023 el MinTIC, con el apoyo del Minagricultura, deberá finalizar un análisis sobre la conveniencia de adelantar un piloto de implementación de tales tecnologías innovadoras y alternativas no tradicionales de conectividad en las áreas rurales mencionadas, para lo cual se deberá considerar el diseño de una futura convocatoria de presentación de proyectos al *Sandbox* regulatorio de la CRC.

5.2. Estrategia 2: Fortalecer condiciones habilitantes para el desarrollo de emprendimientos de base tecnológica en el sector agropecuario

5.2.1. Estructurar proyectos empresariales basados en las prioridades de investigación, desarrollo e innovación del PECTIA, para su constitución como spin-offs

El Minagricultura, con el apoyo de Agrosavia, pueden identificar apuestas de investigación, desarrollo e innovación enmarcadas en el PECTIA que se orienten a promover soluciones de modernización tecnológica para modelos de agricultura inteligente y que, igualmente, puedan ser útiles a los objetivos sectoriales agropecuarios de las agendas regionales de competitividad, adoptadas en el marco del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación.

Con base en esta identificación, el Minagricultura, con el apoyo de Agrosavia y Minciencias, pueden convocar a las Instituciones de Educación Superior (IES) colaboradoras del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) para relacionar las apuestas identificadas con los proyectos de I+D+i existentes en estas instituciones. Dichas apuestas deberán corresponder a soluciones innovadoras de base tecnológica en beneficio del desarrollo agropecuario y que tengan el potencial de constituirse como *Spin-Offs*. El análisis y validación de los proyectos de I+D+i de las IES como potenciales *Spin-Offs* que adelante Minagricultura con el apoyo de Agrosavia y Minciencias, se puede adelantar tomando en cuenta las metodologías y herramientas de análisis elaboradas por la red SPIN-OFF Colombia para tal fin, sin perjuicio de la utilización de otros criterios.

De esta manera, Minciencias, con el apoyo de Minagricultura, pueden elaborar y ejecutar una estrategia de divulgación y convocatoria al sector privado para constituirse en aliados estratégicos en el financiamiento y desarrollo de los proyectos de las IES previamente validados y priorizados. Los acuerdos de colaboración entre las IES y el sector privado se adelantarán en cumplimiento de las disposiciones contenidas en el Decreto 393 de 1991 y la Ley 1838 de 2017. Además, Minciencias podría evaluar la posibilidad de extender los beneficios tributarios establecidos en los artículos 158-1, 256 y 256-1 del Estatuto Tributario para las empresas que logren establecer acuerdos de

colaboración con las IES correspondientes en la constitución de los *Spin-offs*, y establecerá medidas para llevar a cabo lo anterior cuando se considere viable.

5.2.2. Crear estrategias de atracción de fondos de financiamiento inteligente para proyectos innovadores de iniciativa privada de agrotecnología

En términos de promover el financiamiento inteligente, ProColombia tiene la capacidad y experiencia para crear una estrategia de atracción de inversión extranjera que resalte las condiciones y oportunidades del país en innovación agrícola y desarrollo tecnológico. Esta estrategia puede incluir la creación de un registro donde los empresarios nacionales puedan presentar sus proyectos de innovación y modelos de negocio.

Por otro lado, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, con la asistencia del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, pueden evaluar ajustes al Fondo de Fondos administrado por Bancóldex para promover inversiones en el sector de agrotecnología por parte de fondos de capital privado. Como insumo para esta tarea, se propone solicitar a Bancóldex para adelantar un estudio de mercado de los principales fondos de capital privado que están apostando por proyectos de esta naturaleza y establecer estrategias de inversión en estos fondos a partir de negociaciones que promuevan su llegada al ecosistema de inversión colombiano.

Además, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en coordinación con Finagro, pueden revisar las prioridades de inversión del Fondo de Capital Riesgo para incorporar la posibilidad de financiar directamente, o mediante otros fondos, proyectos de innovación y desarrollo tecnológico como parte de su tesis de inversión.

5.3. Estrategia 3: Fortalecer capacidades para la apropiación tecnológica en los productores y el sector público agropecuario

5.3.1. Fortalecer la presencia de programas de generación de capacidades digitales con enfoque productivo agropecuario en la oferta institucional de formación para el trabajo

Es necesario fortalecer las habilidades digitales de la población rural y el conocimiento operativo de tecnologías sofisticadas en la producción agrícola, particularmente en las escuelas técnicas de las zonas rurales y en los centros de formación para el trabajo del SENA.

Colombia cuenta con un catálogo nacional de cualificaciones moderno, detallado para siete (7) sectores, entre los que se encuentran los sectores TIC y agropecuario (Mineducación, 2017a). En el caso del catálogo del sector TIC (Mineducación, 2017b) se observan unidades de competencia para fortalecer la oferta educativa y de formación para el trabajo en aspectos relacionados con nuevas tecnologías de la cuarta revolución industrial (4RI) como el internet de las cosas, sensores remotos, y sistemas de información geográfica, entre otros. En cuanto al marco nacional de cualificaciones del sector agropecuario (Mineducación, 2017c, págs. 24-25), se reconocen que las

tendencias de nuevas necesidades de formación estarán relacionadas en escenarios de mediano y largo plazo con el uso de sensores remotos y automatización de riego; métodos y técnicas para identificar la vocación y uso del suelo, con el objeto de garantizar sostenibilidad ambiental; Implementación de tecnologías que permitan conocer la fisiología, producción, rendimiento para la gestión agrícola de cultivos, entre otros.

En este orden de ideas, se hace necesario adelantar un trabajo de identificación de la presencia de la oferta institucional de educación media técnica y de formación para el trabajo en áreas rurales, con el objeto de brindar formaciones vinculadas a los anteriores marcos de cualificaciones con especial énfasis en áreas rurales de alta aptitud productiva. Este ejercicio de análisis y focalización de la oferta educativa en escuelas rurales (educación media técnica) y del SENA (formación para el trabajo) puede ser coordinado entre los sectores de educación, trabajo y agricultura y desarrollo rural. Como soporte, entidades como UPRA y Agrosavia puedan generar insumos sobre las zonas con alta aptitud productiva que podrían demandar la focalización de este tipo de oferta educativa a la luz de la disponibilidad de mano de obra en las regiones, la existencia de servicios públicos básicos de conectividad digital y electrificación, y el grado de potencial de transformación digital que los sistemas productivos de alta aptitud productiva podrían tener.

5.3.2. Modernizar componentes del servicio de extensión agropecuaria para apoyar la generación de habilidades digitales prácticas en los productores rurales

Se propone realizar una revisión de los elementos que hacen parte del servicio de extensión agropecuaria por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para involucrar formación básica práctica dirigida tanto al uso de TIC no sofisticadas (particularmente en poblaciones mayores) y tecnologías sofisticadas. Para este fin, se propone que la UPRA y Agrosavia puedan igualmente para esta acción brindar insumos relacionados con las posibilidades de tecnificación de los sistemas productivos de alta aptitud a nivel regional, como guía para incorporar dentro del servicio de extensión agropecuaria el tipo de habilidades digitales prácticas que puedan requerirse para los tipos de tecnología que puedan impulsar dichos sistemas productivos.

5.3.3. Crear un servicio de analítica de datos público para los sistemas productivos agropecuarios

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con el apoyo de la UPRA, puede elaborar una estrategia de analítica de información satelital para monitorear con mayor frecuencia la evolución de las coberturas del uso de la tierra asociadas a las actividades productivas sectoriales, con el propósito de fortalecer mejor los procesos de planeación, ejecución y seguimiento de su oferta institucional dirigida al desarrollo agropecuario, provisto a través de las entidades adscritas y vinculadas.

6. Referencias

- AgFunder. (2020). *AgFunder Agri-FoodTech Investing Report - 2019*. Obtenido de <https://agfunder.com/research/agfunder-agrifood-tech-investing-report-2019/>
- AgFunder. (2021). *2021 AgFunder AgriFoodTech Investment Report*. Obtenido de <https://agfunder.com/research/2021-AgFunder-agrifoodtech-investment-report/>
- Bancóldex. (2020). *Fondo de Fondos*. Obtenido de Sitio de internet de Bancóldex: <https://www.bancoldex.com/inversion-en-fondos/inversion-en-fondos-3776>
- BID. (2019). *Mapa de la innovación Agtech en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/agtech-mapa-de-la-innovacion-agtech-en-america-latina-y-el-caribe>
- Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J. (2004). Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*(5), 359-387.
- ColCapital. (2018). *Potenciando la economía colombiana: evolución y análisis de la industria de Fondos de Capital Privado*. Obtenido de <https://colcapital.org/wp-content/uploads/2019/11/Potenciando-la-Economia-Colombiana.pdf>
- DANE. (2017-2018). *Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica Industria manufacturera*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacture ra_2017_2018.pdf
- DANE. (2018). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida - Anexos TIC hogares*. Bogotá D.C.
- DANE. (Junio de 2020). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019*. Obtenido de Anexo: Módulo ciencia, tecnología e innovación: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena#anexos>
- DANE. (2020b). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2019*. Obtenido de Anexos por departamentos: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2019>
- DNP. (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*.
- El País. (2020). *Internet llega en globo a lo más recóndito de Kenia*. Recuperado el Febrero de 2021, de https://elpais.com/internacional/2020/07/09/mundo_global/1594283326_013513.html
- El Tiempo. (2019). *Microsoft conecta a internet a familias en áreas remotas del país*. Recuperado el Febrero de 2021, de <https://www.eltiempo.com/contenido-comercial/microsoft-conecta-a-internet-a-familias-en-areas-remotas-del-pais-369716>
- Ernst & Young. (2012). *Funding the future: Access to finance for entrepreneurs in the G20*.
- FAO. (2019). *Digital technologies in agriculture and rural areas: Status Report*. Roma.

- Heimlich, R. (1998). Precision agriculture: information technology for improved resource use. *Agricultural Outlook*(250), 19-23.
- Holguín, H., Albis, N., García, J., Zárate, S., Mejía, L., Portilla, D., & Rubiano, A. (2017). Usabilidad de TIC y consumo digital en el sector agropecuario colombiano. *Gestión de la Innovación para la Competitividad: sectores estratégicos, tecnologías emergentes y emprendimientos*. Ciudad de México. Obtenido de http://altec2017.org/pdfs/ALTEC_2017_paper_299.pdf
- Holguín, H., Salas, N., García, J., Rincón, S., Mejía, L., Portilla, D., & Rubano, A. (2017). *Usabilidad de TIC y consumo digital en el sector agropecuario colombiano*. Obtenido de http://altec2017.org/pdfs/ALTEC_2017_paper_299.pdf
- Loukos, P., & Arathoon, L. (2021). *Panorama del ecosistema agrotecnológico para los pequeños agricultores de América Latina y el Caribe*. BID.
- Lowenberg-DeBoer, J., & Swinton, S. (1997). Economics of site-specific management in agronomic crops. *The State of Site-Specific Management for Agriculture*, 369-396.
- MinCIT, Colciencias, OCyT y CCD. (2017). *Boletín de indicadores de usabilidad de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y consumo digital en el sector agropecuario rural*. Bogotá.
- MinTIC. (2019). *Plan TIC 2018-2022: El futuro digital es de todos*. Bogotá.
- Ochoa, A. G., Forero Pachón, A. M., & Cangrejo Aljure, L. D. (2012). *Actualidad y tendencias de la agricultura de precisión*. Bogotá D.C.
- Rodrigues, M. (Marzo de 2012). Las TIC como herramienta para la superación de asimetrías. (L. Palacios, Ed.) *eLAC2015*, 3.
- Schwab, K. (12 de Diciembre de 2015). *The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond*. Obtenido de Sitio web de la revista Foreign Affairs: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
- Silva Belén, V. (30 de Septiembre de 2016). *Tercera Revolución Industrial*. Obtenido de Economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/tercera-revolucion-industrial.html>
- smartAKIS. (s.f.). *What is smart farming?* Obtenido de <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/>
- UIT. (2020). *Digital Skills Insights 2020*. Ginebra (Suiza). Obtenido de <https://academy.itu.int/sites/default/files/media2/file/Digital%20Skills%20Insights%2020.pdf>
- UIT. (Junio de 2021). *Digital Development Dashboard*. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Dashboards/Pages/Digital-Development.aspx>